REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**BOLETIN N°8b**

**SERIE C: Geodinámica e Ingeniería Geológica**

# ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

Lima - Perú
Abril 1988

Página en blanco

CONTENIDO


INTRODUCCION 1
1.0 GENERALIDADES 3
1.1 ANTECEDENTES 3
1.2 OBJETIVOS 3
1.3 ALCANCES 3
1.4 AREA DE ESTUDIO 3
1.5 UBICACIÓN Y ACCESO 4
2.0 GEOLOGIA 7
2.1 ESTRATIGRAFIA 7
2.1.1 SECTOR OCCIDENTAL DE LA CUENCA 7
2.1.1.1 JURASICO CRETACEO 7
2.1.1.2 DEPOSTIOS CUATERNARIOS 9
2.1.2 SECTOR ORIENTAL DE LA CUENCA 10
2.1.2.1 JURASICO 10
2.1.2.2 CRETACEO 10
2.1.2.3 CRETACEO SUPERIOR-TERCIARIO INFERIOR 10
2.1.2.4 TERCIARIO 11
2.1.2.5 DEPOSITOS CUATERNARIOS 13
2.2 ROCAS INTRUSIVAS 13
2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL 15
2.3.1 FALLAMIENTOS 15
2.3.2 PLEGAMIENTOS 15
2.3.3 PLEGAMIENTOS Y FALLAMIENTOS 16
2.3.4 FALLAMIENTOS MENORES 16
2.4 UNIDADES LITOLOGICAS 16
2.4.1 UNIDAD I (Depósitos Superficiales) 17
2.4.2 UNIDAD II ( Rocas Volcánicas) 18
2.4.3 UNIDAD III (Volcánico-Sedimentario) 18
2.4.4 UNIDAD IV (Sedimentarios) 20
2.4.5 UNIDAD V (Rocas Intrusivas) 22
2.4.6 UNIDAD VI (Metamórficos) 22
3.0 GEOMORFOLOGIA 25
3.1 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS 25
3.3.1 UNIDAD I – RIBERA LITORAL DE PLAYA 25
3.1.2 UNIDAD II – CONO DE DEYECCION 26
3.1.3 UNIDAD III – ZONA DE LOMAS Y MONTES ISLAS 26
3.1.4 UNIDAD IV – ESTRIBACIONES DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL 27
3.1.5 UNIDAD V – VALLES Y QUEBRADAS 27
3.1.6 UNIDAD VI – ALTIPLANICIES 27
3.1.7 UNIDAD VII – DIVISORIA CONTINENTAL 27
3.2 PAMETROS GEOMORFOLOGICOS 28
3.2.1 SUPERFICIE 28
3.2.2 PERIMETRO DE LA CUENCA 29
3.2.3 FORMA DE LA CUENCA 29
3.2.4 SISTEMA DE DRENAJE 30
3.2.5 ELEVACION DE TERRENOS 31
3.2.6 RECTANGULO EQUIVALENTE 31
3.2.7 DECLIVIDAD DE LOS ALVEOS 34
3.2.8 DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS 34
3.2.9 COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD 36

| | | |
|---|---|---|
| | 3.2.10 COEFICIENTE DE MASIVIDAD | 36 |
| 4.0 | HIDROLOGIA | 37 |
| | 4.1 RIO RIMAC | 37 |
| | 4.2 RIO SANTA EULALIA | 38 |
| | 4.3 PLUVIOMETRIA | 38 |
| | 4.3.1 ANALISIS PLUVIOMETRICOS | 43 |
| | 4.3.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS | 49 |
| | 4.3.3 VOLUMEN ESCURRIDO MEDIO ANUAL | 49 |
| | 4.3.4 ISOYETAS DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC | 52 |
| | 4.3.5 FRECUENCIAS MEDIAS ANUALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES Y MENSUALES | 52 |
| | 4.4 REGISTRO DE CAUDALES | 58 |
| | 4.4.1 EN EL RIO RIMAC | 58 |
| | 4.4.2 EN EL RIO SANTA EULALIA | 71 |
| | 4.4.3 EN EL RIO BLANCO | 71 |
| | 4.4.4 ANALISIS DE LA TENDENCIA DE LOS CAUDALES ANUALES | 78 |
| | 4.4.5 PROBABILIDADES DE CRECIDAS EN EL RIO RIMAC | 82 |
| | 4.4.6 PROBABILIDADES DE CRECIDAS EN EL RIO BLANCO | 83 |
| 5.0 | SISMICIDAD Y RIESGO SISMICO – CUENCA DEL RIO RIMAC | 85 |
| | 5.1 MARCO TECTONICO | 85 |
| | 5.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA SISMICIDAD | 85 |
| | 5.2.1 SISMOS FUERTES Y DESTRUCTORES PERIODO 1586 – 1974 | 85 |
| | 5.3 TSUNAMIS CON INFLUENCIA EN EL LITORAL DE LA CUENCA BAJA DEL RIO RIMAC | 93 |
| | 5.4 INTENSIDADES | 94 |
| | 5.5 REGIONALIZACION SISMOTECTONICA | 100 |
| | 5.6 ACELERACIONES | 100 |
| | 5.7 FRECUENCIA SISMICA | 103 |
| | 5.8 PERIODO DE RETORNO | 103 |
| | 5.9 RIESGO SISMICO | 108 |
| 6.0 | GEODINAMICA | 109 |
| | 6.1 FENOMENOS GEODINAMICOS | 109 |
| | 6.1.1 DESLIZAMIENTOS | 109 |
| | 6.1.2 DERRUMBES | 110 |
| | 6.1.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS | 110 |
| | 6.1.4 HUAYCOS | 111 |
| | 6.1.5 EROSION DE RIBERAS | 112 |
| | 6.1.6 INUNDACIONES | 113 |
| 7.0 | ZONACION DE RIESGO GEODINAMICO | 115 |
| | 7.1 CRITERIOS DE ZONACION | 115 |
| | 7.1.1 ZONA A – De Bajo Riesgo Geodinámico | 115 |
| | 7.1.2 ZONA B – De Riesgo Geodinámico Medio | 115 |
| | 7.1.3 ZONA C – De Alto Riesgo Geodinámico | 115 |
| 8.0 | CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS PRINCIPALES OBRAS DE INGENIERIA | 117 |
| | 8.1 CENTRALES HIDROELECTRICAS | 117 |
| | 8.1.1 CENTRAL HIDROELECTRICA DE HUINCO | 117 |
| | 8.1.2 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALLAHUANCA | 121 |
| | 8.1.3 CENTRAL HIDROELECTRICA MOYOPAMPA | 125 |
| | 8.1.4 CENTRAL HIDROELECTRICA DE HUAMPANI | 127 |
| | 8.1.5 CENTRAL HIDROELECTRICA PABLO BONER | 128 |
| | 8.2 PLANTA DE TRATAMIENTO LA ATARJEA | 129 |
| | 8.3 CARRETERA CENTRAL Y PUENTES LIMA-TICLIO | 133 |
| | 8.3.1 TRAMO : Lima (Ate) Chosica | 133 |

8.3.2 TRAMO : Chosica – Gorgona 134
8.3.3 TRAMO : Gorgona-San Bartolomé-Surco 134
8.3.4 TRAMO : Surco – Matucana 135
8.3.5 TRAMO : Matucana – Tambo de Viso 135
8.3.6 TRAMO : Tambo de Viso – San Mateo 136
8.3.7 TRAMO : San Mateo – Chilca 136
8.3.8 TRAMO : Chilca – Casapalca 136
8.3.9 TRAMO : Casapalca – Ticlio 174
8.3.10 PUENTES 174
8.4 FERROCARRIL CENTRAL LIMA-TICLIO 186
8.4.1 TRAMO : Lima-Chosica 186
8.4.2 TRAMO : Chosica – Río Seco 187
8.4.3 TRAMO : Ríos Seco – Matucana 187
8.4.4 TRAMO : Matucana – Tambo de Viso 188
8.4.5 TRAMO : Tambo de Viso- San Mateo 188
8.4.6 TRAMO : San Mateo – Chicla 189
8.4.7 TRAMO : Chicla – Casapalca 190
8.4.8 TRAMO : Casapalca – Ticlio 190
8.5 PRESAS DE RELAVE 196
8.5.1 PRESA DE RELAVES PACOCOCHA 196
8.5.2 PRESA DE RELAVES MILLOTINGO 199
8.5.3 PRESA DE RELAVES EN "YAULIYACU" 205
8.5.3.1 PRESA DE RELAVES "YAULIYACU" 206
8.5.3.2 PRESA DE RELAVES "NUEVO YAULIYACU" 207
8.6 LAGUNAS REPRESADAS 210
8.6.1 LAGUNA MAGDALENA 210
8.6.2 LAGUNA PACOCOCHA 210
8.6.3 LAGUNA CUTAY 211
8.6.4 LAGUNA YURACCOCHA 212
8.6.5 LAGUNA PATICOCHA 212
8.6.6 LAGUNA PAUCARCOCHA 212
8.6.7 LAGUNA PITICULI 213
8.6.8 LAGUNA CARPA 213
8.6.9 LAGUNA QUIUSHA 214
8.6.10 LAGUNA SACSA 214
8.6.11 LAGUNA HUALLUNQUE 215
8.6.12 LAGUNA CANCHIS 215
8.6.13 LAGUNA CHICHIS 215
8.6.14 LAGUNA PUCRO 221
8.6.15 COMPOTAMIENTO DE PRESAS CONSTRUIDAS CON MAMPOSTERIA DE PIEDRA 221
8.6.15.1 Presa Mancacoto 221
8.6.15.2 Verificación de la Estabilidad de la presa de Mampostería : Huamparcocha 222
8.6.15.3 Presa Huachuacocha 226
9.0 ZONAS CRITICAS 229
9.1 HUAYCOS 229
9.1.1 RIO CACHACALLA 229
9.1.2 QUEBRADA AGUA SALADA 230
9.1.3 RIO SECO 233
9.1.4 QUEBRADA LA ESPERANZA 242
9.1.5 SECTOR QUEBRADA CARIÑITO 242
9.1.6 QUEBRADA VERRUGAS 243
9.1.7 QUEBRADA LINDAY 246
9.1.8 QUEBRADAS SECTOR SURCO 246
9.1.8.1 QUEBRADA CHACAMAZA 248

9.1.8.2 QUEBRADA CUCHIMACHAY 250
9.1.9 QUEBRADA LOS OLIVOS 255
9.1.10 QUEBRADA PANCHA 259
9.2 INUNDACIONES 261
9.3 EROSION DE RIBERAS 263

CONCLUSIONES 265
RECOMENDACIONES 269
AUTORES 271
BIBLIOGRAFIA 273
10.0 EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS 309
10.1 BARBA BLANCA 309
10.2 BELLAVISTA 310
10.3 CACACHAQUI 310
10.4 CALLAHUANCA 311
10.5 CANCHACALLA 311
10.6 CANTO GRANDE 312
10.7 CARAMPOMA 313
10.8 CASAPALCA 313
10.9 CHACLACAYO 314
10.10 CHACLLA 314
10.11 CHICLA 315
10.12 CHOSICA 316
10.13 COCACHACRA 317
10.14 CUMBE 317
10.15 HUANZA 318
10.16 HUARIQUIÑA 318
10.17 HUINCO 319
10.18 LARAOS 320
10.19 MATUCANA 320
10.20 PALLE NUEVO 321
10.21 PAYHUA 322
10.22 SAN ANTONIO DE CUMPE 322
10.23 SAN BARTOLOME 323
10.24 SAN JERONIMO DE PUNAN 323
10.25 SAN JOSE DE PALLE 324
10.26 SAN JOSE DE PARAC 325
10.27 SAN JUAN DE IRIS 325
10.28 SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA 326
10.29 SAN MATEO 326
10.30 SAN MIGUEL DE VISO 327
10.31 SAN PEDRO DE CASTA 327
10.32 SANTA EULALIA 328
10.33 SURCO 328
10.34 VICAS 329
10.35 OTROS POBLADOS 329

FOTOGRAFIAS
ANEXO :
- Análisis granulométricos
- Curvas granulométricas
- Ensayos de corte directo

# INTRODUCCION

La Gran Lima, es el mayor polo de desarrollo del país, donde se concentra alrededor del 60% de la actividad socio-económica. Esto hace que muestre una fuerte relación de dependencia en el abastecimiento de insumos (alimentos mayormente) y otros servicios básicos (energía, etc.), los que provienen de otros lugares del país.

Dentro de esto, la zona central es un gran abastecedor, conduciéndose toda su producción a través de las obras de infraestructura (viales, eléctricas, etc.) que se ubican en la cuenca del Río Rímac.

Los últimos fenómenos de geodinámica externa (deslizamientos, erosiones, inundaciones, etc.) producidos en los primeros meses de los años 1981-1982, que han traido interrupciones prolongadas del tránsito nos muestran una tendencia a la reactivación de los mismos, si a esto se agregaría la insentivación de estos fenómenos por la presencia de un sismo de magnitud fuerte (muy probable), deducimos que los problemas se multiplicaran, con la secuela de desabastecimiento prolongado para la Gran ciudad.

El presente estudio está orientado a conocer un aspecto muy importante de esta problemática, cual es el análisis de la seguridad física de las grandes obras de ingeniería que se ubican en el curso principal de la cuenca del Río Rímac, tales como la Carretera Central, Ferrocarril Central, Centrales Hidroeléctricas, lagunas represadas, Planta de Tratamiento de La-Atarjea y el emplazamiento de depósitos de relaves.

El conocimiento cada vez más detallado de la evolución de los fenómenos naturales, inducirá a conocer más el grado de riesgo en que se encuentran estas grandes obras de infraestructura de servicio, que son fuente de-abastecimiento para el normal desenvolvimiento de la actividad socio-económica de la Gran Lima.

Página en blanco

# 1.0 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES .-

El Sistema Nacional de Defensa Civil, al concebir el "PLAN ALFA-CENTAURO", quiere conocer las consecuencias que sobre la Gran Lima pueden devenirse, de producirse un sismo de caracter destructivo (magnitudes mayores a 7°).

Los alcances de este proyecto comprometen una complejidad de actividades básicas antes de planificar las acciones de prevención, que tiendan a minimizar las consecuencias de un evento catastrófico.

Esta razón ha hecho que Defensa Civil haya encargado a los diferentes sectores la realización de estudios y/o obras de su competencia, tendientes a conseguir el gran objetivo.

Defensa Civil encargó al Ministerio de Energía y Minas la realización del presente trabajo. Este a su vez lo hizo con el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), por ser una entidad del sector, y cuyos estudios son de su competencia.

## 1.2 OBJETIVOS .-

El presente estudio, determinantemente está orientado a conocer las condiciones de seguridad física en que se encuentran las grandes obras de ingeniería que se ubican en el curso principal de la cuenca del Rímac, deduciéndose las implicancias que sobre ellas puedan tener la evolución de los fenómenos de geodinámica externa, así como ante la eventualidad de un sismo de caracter destructivo.

## 1.3 ALCANCES .-

El estudio tiene los siguientes alcances :

- Conocimiento e interretación de las características geológicas-litológicas, hidrológicas y geodinámicas de la cuenca.
- Determinación, delimitación y análisis de los fenómenos de geodinámica externa y sus implicancias en el emplazamiento de las diferentes obras de ingeniería.
- Evaluación ingenieril de las obras civiles.
- Análisis e interpretación de la sismicidad regional.
- Determinación del riesgo sísmico del área

## 1.4 AREA DE ESTUDIO .-

La cuenca del río Rímac abarca una extensión de 3,398.1 $Km^2$, limitada hacia el Norte por la cuenca del Río Chillón, hacia el sur por la cuenca del Río Lurín, hacia el Este por la Divisoria Continental y hacia el Oeste por el Océano Pacífico.

El estudio ha comprendido esencialmente los cursos principales de los - ríos Rímac y Santa Eulalia y cuencas subsidiarias, en donde se han de - tectado problemas de geodinámica externa que pudieran tener implican - cias en la seguridad de las grandes obras de ingeniería.

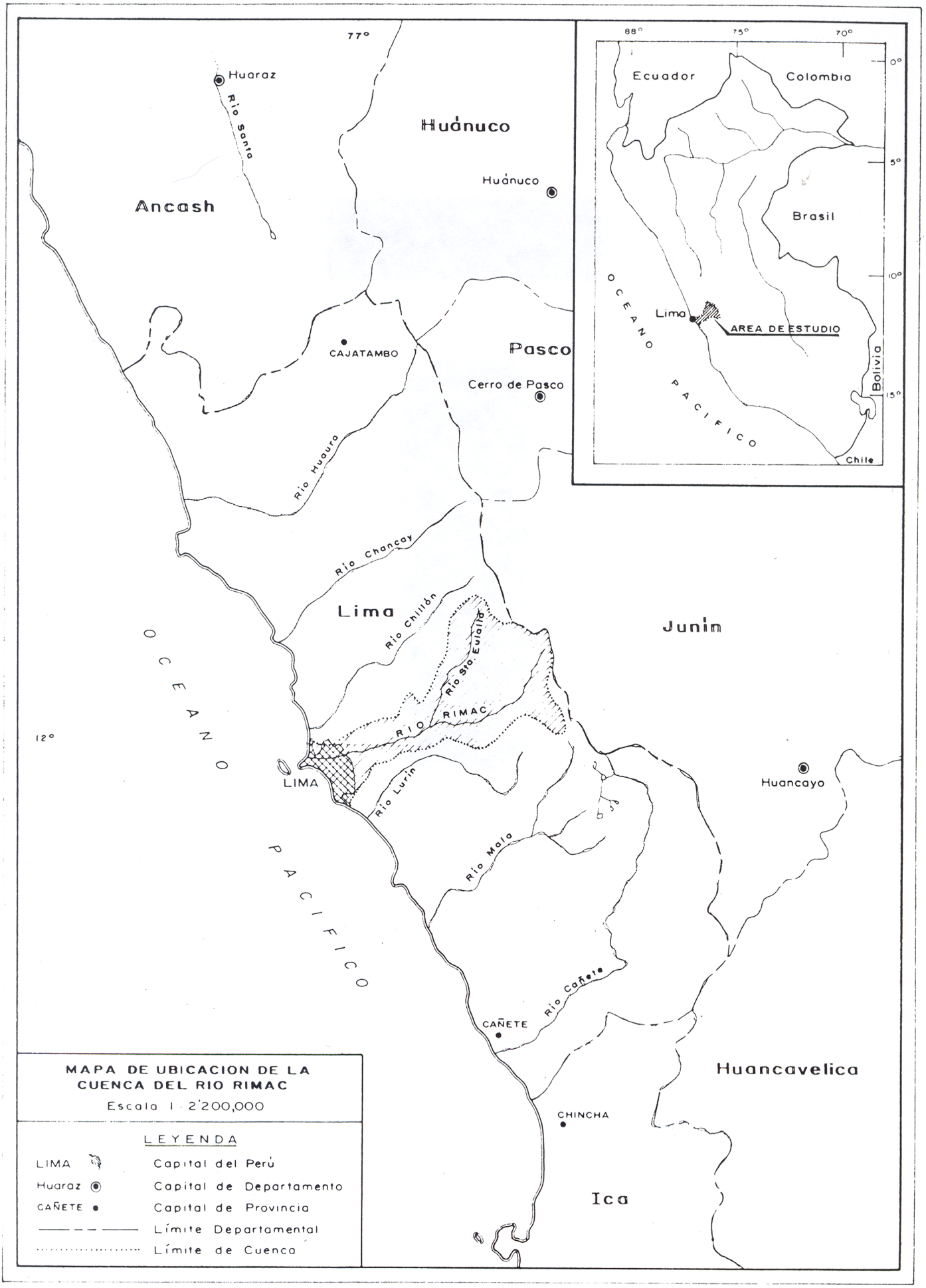
## 1.5 UBICACION Y ACCESO .-

La cuenca del río Rímac se encuentra ubicada en el flanco oeste de la- Cordillera Occidental de los Andes, entre las cumbres nevadas de Antico na, Pucacocha, Juraccocha, etc. y el borde del Océano Pacífico, exten diéndose en una longitud de 110 Kms. en línea recta, con un ancho prome dio de 30 Kms.

Geopolíticamente está comprendida dentro del departamento de Lima, con- las siguientes coordenadas geográficas.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 11° 36' 15" | - | 12° 10' 30" | Latitud Sur |
| 76° 04' 00" | - | 77° 07' 18" | Long. Oeste |

En cuanto a la accesibilidad, la principal vía de acceso la constituye- la carretera central, totalmente asfaltada y luego la carretera Santa - Eulalia-Carampoma que se encuentra afirmada. A estas vías se conectan- carreteras afirmadas y trochas carrozables, que sirven de acceso a los- centros poblados y centros mineros.


77°
Huaraz
Río Santa
Huánuco
Huánuco
Ancash
CAJATAMBO
Pasco
Cerro de Pasco
Río Huaura
Río Chancay
Lima
Río Chillón
Río Sta. Eulalia
RIO RIMAC
Junín
OCEANO PACIFICO
12°
LIMA
Río Lurín
Río Mala
Huancayo
Río Cañete
CAÑETE
Huancavelica
CHINCHA
Ica
88°
75°
70°
0°
5°
10°
15°
Ecuador
Colombia
Brasil
Lima
AREA DE ESTUDIO
Bolivia
Chile
OCEANO PACIFICO
MAPA DE UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC
Escala 1 : 2'200,000
LEYENDA
LIMA Capital del Perú
Huaraz Capital de Departamento
CAÑETE Capital de Provincia
Límite Departamental
Límite de Cuenca

Página en blanco

# 2.0 GEOLOGIA

Estos estudios se han basado en las investigaciones de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET, y que corresponden a los levantamientos Geológicos a escala 1 : 100,000 de las hojas de Matucana, Chosica, Ondores-Canta, Lurín y Lima.

Las unidades geológicas que afloran en la cuenca comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre Jurásico y el Cuaternario Reciente. En el aspecto estructural se presentan plegamientos y fallamientos que en la mayoría de los casos muestran orientación andina.

Para una mejor comprensión de la geología de la cuenca, ésta se ha subdividido en 2 sectores, que la hemos denominado : Sector Occidental de la cuenca y Sector Oriental.

## 2.1 ESTRATIGRAFIA .-

### 2.1.1 SECTOR OCCIDENTAL DE LA CUENCA

#### 2.1.1.1 JURASICO-CRETACEO

- Grupo Puente Piedra .- Se le asigna edad Berriasiano, en razón a la fauna determinada por R. Rivera (1951), y su litología consiste de piroclásticos, areniscas con componentes piroclásticos, chert y ocasionalmente rocas lávicas andesito-basálticas. Rocas arcillo-tobáceas, destacando lutitas y areniscas tobáceas con niveles piroclásticos de composición andesítica.

- Volcánico Yangas .- Se le asigna edad cretáceo inferior y consiste de lavas andesíticas masivas, lodolitas, margas silicificadas, chert blanco y oscuro con limolitas endurecidas que se intercalan a diferentes niveles.
En la parte superior están constituidas por areniscas de grano fino, y silexitas, así como limolitas tobáceas.

- Grupo Morro Solar .- Su deposición corresponde a tiempos tempranos del Cretáceo Inferior (Piso Valanginiano), su exposición más conspicua se encuentra en el cerro Morro Solar en Chorrillos, donde se pueden diferenciar las formaciones Salto del Fraile, La Herradura, Morro Solar y Marcavilca.

- Formación Salto del Fraile .- Está constituida principalmente por cuarcitas recristalizadas, areniscas cuarzosas, con estratificación cruzada. Se intercalan niveles lutáceos gris azulados a verdoso.

- Formación La Herradura .- Esta formación es la unidad incompetente de la serie, debido al contenido de sales como yeso y cloruro de sodio. J. Fernández Concha (1958)

reconoció dos miembros, La Virgen y Herradura :

Miembro La Virgen .- Consiste de lutitas gris oscuras y negras en estratificación fina, laminadas, fisibles y carbonosas con contenido de pirita y nódulos calcáreos achatados. Se intercalan areniscas gris oscuras a veces amarillentas de composición cuarzosa, conteniendo sales.

Miembro Herradura .- Consta de areniscas cuarzosas verdes a amarillentas, en estratificación delgada en la parte inferior y gruesa en la parte superior, siguiéndoles lutitas gris a negras, intemperizando a marrón rojizo, en partes nodulosas y en la parte alta calizas gris oscuras con estructura pizarrosa.

- Formación Morro Solar .- Consiste de intercalaciones de areniscas en bancos delgados con niveles lutáceos, pasando de color oscuro, en la parte inferior, a coloración rojiza en la parte superior, areniscas abigarradas y hacia el techo areniscas cuarzosas, pasando a cuarcitas interestratificadas con niveles limolíticos gris verdosos.

- Formación Marcavilca .- Está constituida por las rocas más competentes, duras y compactas de toda la serie clástica, incluye a los miembros Marcavilca y La Chira de J. Fernández Concha (1958).
Predomina la cuarcita gris blanquesina, con cemento silíceo, variando en algunos horizontes a rosado violáceo, de grano medio a grueso y hasta microconglomerádico. En menor porcentaje, lutitas de color ocre, por las oxidaciones ferruginosas. Hacia la parte superior, las areniscas de La Chira son cuarcitas blancas, sacaroideas, con estratificación cruzada bien marcada.

- Formación Pamplona .- Se le asigna edad cretáceo inferior y consiste, en la base, de calizas gris oscuras en bancos delgados intercalando con limolitas arcillosas de coloraciones abigarradas. Se continúan margas que presentan disyunción pizarrosa y también niveles arcillo-limosos de predominante color rojo amarillento, por el contenido limonítico. Hacia la parte inferior se repiten calizas gris oscuras en bancos delgados, limolitas y algunos niveles de arcillas tobáceas de color blanquecino, en parte rojizo.
Esta formación se comporta como una unidad muy plástica. La tectónica de macroplegamiento y fallamiento que afecta el área de Lima ha ocasionado en estas rocas micro -- pliegues, pliegues de arrastre y microfallas.

- Formación Atocongo .- Se le asigna edad cretáceo inferior, consiste de limolitas gris oscuras en capas delgadas, formando paquetes que se intercalan con calizas gris verdosas a gris oscuras, margas, alterando a limoli

tas de color rojizo, por la presencia de minerales ferruginosos que se oxidan.
La parte superior de la formación Atocongo presenta calizas en bancos masivos, siendo la roca de color gris azulino oscuro, intercalada con calizas de color gris claro y verdoso, con textura de grano fino casi afanítica.

Grupo Casma .- La edad del grupo Casma ha sido definida como Albiano en su base,pero sin precisar edad para su techo.
Este grupo comprende en la cuenca :

- Volcánico Huarangal .- Consta de volcánicos mayormente piroclásticos, de composición andesítica, intemperizado en nódulos que se forman por una disyunción en escamas, con calizas margozas, areniscas calcáreas, grauvacas y chert bien estratificados.

Volcánico Quilmaná .- Se compone de derrames andesíticos masivos de textura porfirítica a veces afanítica, de color verdoso a oscuro, presentando una estructura masiva poco estratificada.

### 2.1.1.2 DEPOSITOS CUATERNARIOS

Depósitos Coluviales .- Son depósitos que se ubican en las laderas y se han emplazado por acción de la gravedad y algo de agua.
Se incluyen en estos depósitos a las acumulaciones de materiales provenientes de derrumbes y deslizamientos.

Depósitos Proluviales .- Corresponden a los que provienen de la acumulación de materiales acarreados por torrentes temporales u ocasionales, como son los huaycos.

Depósitos Aluviales .- Constituyen las acumulaciones resultantes de la depositación de los materiales que han sufrido acarreo por las aguas de escorrentía superficial encontrándose generalmente lejos de su lugar de origen,- involucra también a los depósitos fluviales que están conformando terrazas antiguas.

Depósitos Fluviales .- Estos depósitos se encuentran limitados al cauce actual del Río Rímac y tributarios principales.

Depósitos Litorales .- Se encuentran a lo largo del litoral y constituyen una pequeña franja cercana a las playas.

Depósitos Eólicos .- Son los depósitos provenientes de la acumulación de materiales que han sido transportadas- por el viento.

## 2.1.2 SECTOR ORIENTAL DE LA CUENCA

### 2.1.2.1 JURASICO

- Formación Arahuay .- Se le asigna tentativamente edad Jurásica y consiste de :

  . Un nivel inferior constituido por derrames andesíticos, mayormente afaníticos y microporfiríticos, con estratificación poco definida, pasando a la parte superior a una enorme secuencia de ftanitas afaníticas.

  . La porción intermedia, compuesta por una alternancia de bancos moderados de calizas bituminosas con paquetes de limolitas o lodolitas.

  . La sección superior constituida por metavolcánicos en capas moderadas con ftanitas oscuras o lodolitas calcáreas negras.

### 2.1.2.2 CRETACEO

- Formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha .- Se les asigna una edad que va entre el Albiano Medio a Cenomaniano.
  Estas formaciones consisten de calizas gris y beige, en capas medianas con algunas intercalaciones de caliza margosa y lutita gris pardo; calizas y margas negras bituminosas en capas delgadas y capas medianas, y gruesas que se intercalan ocasionalmente con capas de calizas margosas, lutitas y calizas dolomíticas.

### 2.1.2.3 CRETACEO SUPERIOR-TERCIARIO INFERIOR

- Formación Casapalca .- Por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se le asigna edad a fines del Cretáceo Superior y el Eoceno medio.
  Esta formación se le ha dividido en dos miembros :

  Miembro Inferior Casapalca .- Consiste de intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas rojizas, que ocasionalmente alternan con areniscas calcáreas, areniscas guijarrosas marrón claro; estratificadas en capas delgadas y medianas, con algunos horizontes que presentan estratificación cruzada. Dentro de la secuencia destacan por lo menos tres niveles de calizas blanquesinas en capas gruesas y uno o dos paquetes de conglomerados con cantos de cuarcita y caliza en matriz limo-arcillosa rojiza. En el área de Casapalca aflora una potente secuencia de capas rojas con unidades de conglomerados y caliza que por plegamiento y fallamiento están aparentemente en posición anormal.

Miembro El Carmen .- Consiste en bancos de 2 a 5 m. de conglomerados cuarcíticos algo calcáreos, con cantos redondeados de 2 a 10 cm. y en menor proporción gravas pequeñas, bloques más grandes con matriz arena-limosa; ocasionalmente intercalan capas de arenisca y limolitas-rojizas.

2.1.2.4 TERCIARIO

- Grupo Rímac .- Se le ha asignado una edad probable fines del Eoceno el Oligoceno.
  En este grupo se pueden diferenciar :

  - Serie Volcánico-Sedimentaria .- Consiste de lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso tobas andesíticas y algunas intercalaciones de arenisca.

  - Serie Sedimentario-Tobácea .- Consiste de intercalaciones de unidades predominantemente sedimentario tobáceas, con areniscas limolíticas gris verdosas y rojizas, así como tobas redepositadas de color gris violáceo.

  - Serie Tobácea .- Consiste de tobas pardo grisáceas a blanquesinas, de composición riolítica y dacítica.

  - Serie Volcánico-Sedimentaria .- Constituye la parte superior del Grupo Rímac. Consiste de limolitas - gris verdosas alterando a coloraciones rojizas y anaranjadas, areniscas feldespáticas con cuarzo y matriz tobáceas, en estratos delgados y sobre éstos - una secuencia de volcánicos tobáceos porfiroides de color violáceo. También se encuentran volcánicos - oscuros porfiroides bien alterados.

- Grupo Colqui .- Se le asigna una edad Eoceno-Oligoceno.
  Este grupo consiste de una gruesa secuencia de unidades volcánicas con derrames andesíticos grises, porfiríticos que alternan en menor proporción con tufos finos redepositados, gris verdoso; tufos lapillíticos - pardo blanquecinos, aglomerado volcánico, ocasionalmente capas de caliza y arenisca tufácea gris verdosa y violácea. Se encuentra afectada por pliegues, fallas e intrusiones ígneas.

- Formación Carlos Francisco .- La edad de esta formación es de fines del Eoceno al Oligoceno.
  Se reconocen los siguientes miembros :

  Miembro Tablachaca .- Consiste de una secuencia de - conglomerados con elementos volcánicos de 5 a 10 cms.

de diámetro y en menor proporción gravas y cantos con tamaño máximo de 50 cms. en matriz areno limosa e intercalándose areniscas, limolitas rojizas y calizas arenosas. Hacia el tope pasa a intercalaciones de tobas, brechas tobáceas, aglomerados, limolitas rojizas y ocasionalmente rocas porfiríticas de composición andesítica.

Miembro Carlos Francisco .- Está constituida por un conjunto de derrames andesíticos porfiroides y afaníticos de color gris, intemperizando a verdoso y violáceo, ocasionalmente se intercalan flujos de brecha volcánica pórfidos masivos que dan el aspecto local de cuerpos pabisales.

Miembro Yauliyacu .- Consiste de tobas finas rojizas con algunas intercalaciones de tobas lapillíticas gris verdoso y marrón; ocasionalmente capas de andesitas, limolitas y areniscas tobáceas.

- Formación Río Blanco .- Es probable que sea de fines del Eoceno al Oligoceno. Consiste de tobas redepositadas, tobas lapillíticas, areniscas tobáceas de colores abigarrados, intercalándose con aglomerados finos, brechas de tobáceas y ocasionalmente horizontes de tobas andesíticas y dacíticas, así como también capas de calizas. Se presentan generalmente con estratificación en capas delgadas y algunos horizontes en lajas.

- Formación Bellavista .- Es probable que sea de fines del Eoceno al Oligoceno. Consiste de calizas margosas pardo-amarillentas, con intercalaciones de caliza negra-silicificada; tobas finas, andesitas tobáceas, lutitas y limolitas, gris verdosas a pardo rojizas.

- Volcánico Millotingo .- Se le asigna una edad probable Oligo Mioceno. Se desarrolla ampliamente en la parte alta, entre Matucana y la mina Millotingo, donde se presenta una secuencia volcánico-sedimentaria que consiste de areniscas conformada por material volcánico de coloraciones rojizas y estructura brechoide, andesitas verde violáceo, intercalados con horizontes conglomerádicos de color violáceo intemperizando a blanquecino.

- Formación Huarochirí .- Se le asigna una probable edad Miocénica. D. Noble (1975) por estudios radiométricos ha determinado una edad de 26.1 m. a. lo cual indica una edad del comienzo del Mioceno.
Consisten de tobas riolíticas a riodacíticas que se alternan con areniscas y limolitas gris verdosa a rojizo.- Hacia la base las tobas pasan a composiciones andesíticas de color gris violáceo.
Esta formación presenta varios bancos de tobas pardo blanquecinas, alternando con la secuencia sedimentario volcánica.

- Volcánico Pacococha .- No se puede precisar su edad, pero como está constituyendo el tope de la secuencia volcánica terciaria e intruída por algunos cuerpos hipabisales jóvenes que los han mineralizado es probable que su edad pueda corresponder al Mio-Plioceno.
  Está constituido por un conjunto de derrames volcánicos-andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brecha volcánica y andesita tobácea.

2.1.2.5 DEPOSITOS CUATERNARIOS

Depósitos Glaciares .- Comprende los depósitos morrénicos antiguos a recientes que se encuentran en las cabeceras de los valles glaciares o cubriendo el fondo ó márgenes de los mismos.

Depósitos Fluvio Glaciares .- Están constituidos por las acumulaciones provenientes del acarreo de los depósitos glaciares por las aguas de los deshielos fundamentalmente.

Depósitos Coluviales .- Son depósitos que se ubican en las laderas y se han emplazado por acción de la gravedad y algo de agua. Se incluyen en estos depósitos a las acumulaciones de materiales provenientes de derrumbes y deslizamientos.

Depósitos Proluviales .- Corresponden a los que provienen de la acumulación de materiales acarreados por torrentes temporales u ocasionales, como son los huaycos.

Depósitos Aluviales .- Constituyen las acumulaciones resultantes de la depositación de los materiales que han sufrido acarreo por las aguas de escorrentía superficial, encontrándose generalmente lejos de su lugar de origen, involucra también a los depósitos fluviales que están conformando terrazas antiguas.

Depósitos Fluviales .- Estos se encuentran limitados al cauce actual del Río Rímac y tributarios principales.

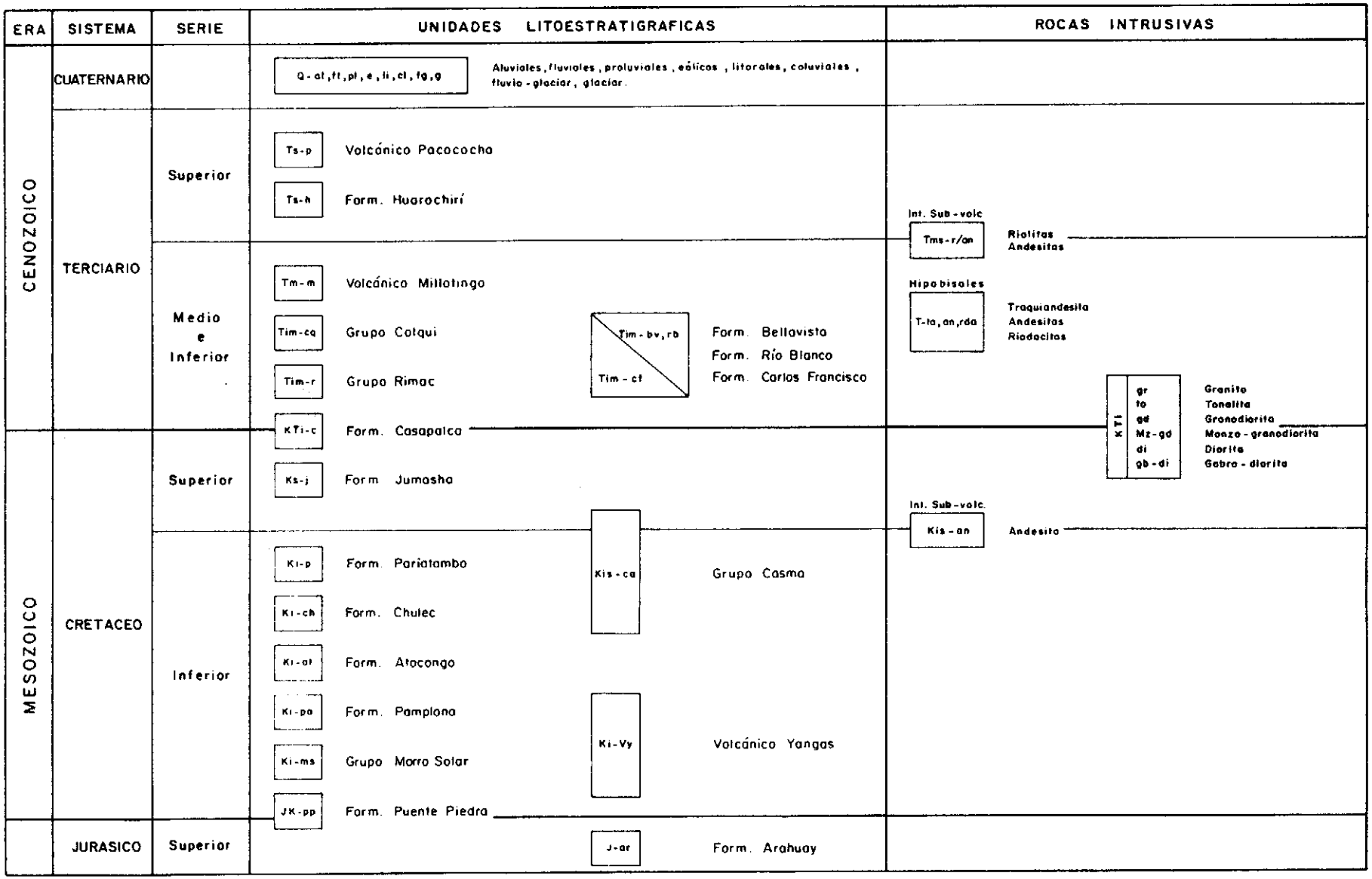
## 2.2 ROCAS INTRUSIVAS

Constituyen un conjunto de rocas de diferente litología que cubren aproximadamente la tercera parte de la cuenca. Los afloramientos de estas rocas están referidos mayormente al curso inferior del río Rímac, encontrándose pequeños cuerpos en el curso medio y superior.

Estas rocas han sido agrupadas por diferentes autores (E.J.Cobbing, W.-Pitcher, etc.) en Super-Unidades tales como la Super Unidad Santa Rosa-de Quives, Santa Rosa, Paccho, Patap, Tiabaya, Jecuán y Paraiso.

En el capítulo de características litológicas se realiza una descripción más detallada de estas rocas.

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC




BASE Levantamiento Geológico preliminar de los Cuadrángulos de Chosica y Matucana (INGEMMET)

## 2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL .-

Las rocas existentes en la Cuenca del Río Rímac han sufrido diferentes fases tectónicas que han modificado su posición y estructura original - habiéndolas fallado, fracturado y plegado, incidiendo en alguna manera en sus características litológicas, geodinámicas y geotécnicas.

Las estructuras edificadas por estas fases presentan una orientación general NO-SE, en el área de Lima (M. Montoya 1981)determina fracturamiento y fallamiento longitudinal regional, con movimiento normal, inverso y de rumbo, que tienen orientaciones de NNO-SSE, NNE-SSO y NEO-SOE y E

En la cuenca se destacan las siguientes estructuras :

### 2.3.1 Fallamientos .-

Falla Chorrillos .- Se le localiza a la altura del Club Regatas, con rumbo E-O y buzamiento del plano de falla de 65°al N. Su movimiento es normal.

Falla Salto del Fraile .- Se le localiza 300 m.antes de la playa de la Herradura, con rumbo N 75°E y el buzamiento del plano de falla es 80°NO, su movimiento es sinestral normal.

Falla el Túnel .- Corre paralela al túnel de La Herradura, con - rumbo N 60°E y buzamiento del plano de falla 75°NO. Su movimiento es sinestral normal.

Falla La Chira .- Se le localiza en la Playa La Chira, con rumbo N 5°O, su plano de falla es vertical y su movimiento es dextral - normal.

Falla Coluta - Umazamba .- Que atraviesa el valle de Macachaca - (Santa Eulalia) y el valle del Rímac, con un rumbo NO-SE.

Fallamiento Inverso en el área del Puente el Infiernillo .- Consiste de dos fallas inversas que han cortado a las rocas calizas- y volcánico-sedimentarias, presentan un rumbo NO-SE. En las rocas volcánico-sedimentarias la traza de falla no es facilmente reconocible.

Falla Chinchan .- Localizado en la quebrada Chinchan, cuyo blo - que oriental en rocas volcánicas ha bajado con respecto a las sedimentarias (Capas rojas).

### 2.3.2 PLEGAMIENTOS .-

ANTICLINAL DE LIMA .- Pliegue de gran extensión longitudinal cuyo eje pasa por la ciudad de Lima, extendiéndose desde el cerro Mo - rro Solar en Chorrillos, playas Conchán y la Campiña, hasta cerca de Ancón.

La dirección promedio en Lima es N 15°O y más al Norte toma una dirección N-S, inflexionándose a la altura de Puente Piedra, para después tomar un rumbo N 45°O hasta Ancón.

Localidad de Cocachacra .- Aparecen rocas sedimentarias y volcánicas mostrando un plegamiento concéntrico e isopaco de dirección andina (NO-SE).

Localidad de Huinco .- En rocas calizas y chert, se observa un replegamiento muy apretado relacionado a pliegues mayores de primer orden.

Plegamiento del área Tambo de Viso-Venturosa .- Se localizan entre el valle del Rímac y la quebrada Huanchurina en las cabeceras del valle Santa Eulalia. Consiste de anticlinales y sinclinales estrechamente espaciados, con orientación general NO-SE, tienen flancos simétricos, con pliegues disarmónicos, entre las unidades incompetentes. En el valle del Rímac se presentan fallas de tipo normal e inverso en las rocas sedimentarias.

Sinclinal de Chicla - Río Blanco .- De rumbo NNO-SSE y hacia el SE se encuentra fallado.

### 2.3.3 PLEGAMIENTOS Y FALLAMIENTOS

Plegamientos y fallamientos en el sector central de la cuenca, que afectan a las rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias, con pliegues amplios cilíndricos y una dirección axial que va desde N 45°O hasta N-S. El fallamiento podría estar vinculado en muchos casos a fracturas pre-establecidas. La compresión ha dado lugar a fallamiento inverso y a veces conjugado.

Area entre el Cerro Puchu y Cerro Yanayana : Se caracteriza por la presencia de sinclinales y fallas algo espaciadas, con rumbo general NO-SE, emplazadas en rocas volcánico-sedimentarias.

### 2.3.4 FALLAMIENTOS MENORES

En el sector oriental de la cuenca existe un sistema de fallas menores de ocurrencia posterior que corta a los pliegues y fallas anteriores, cuyo rumbo es NE-SO.

## 2.4 UNIDADES LITOLOGICAS

Como resultado del análisis e interpretación de los planos geológicos efectuados por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET se ha elaborado el plano litológico de la cuenca, donde se han agrupado a los grupos y formaciones geológicas que presentan características litológicas similares dando como resultado las siguientes unidades litológicas (Ver-Mapa 1 - 4).

2.4.1 UNIDAD I .- (Depósitos Superficiales) .- Se incluyen en esta unidad a los depósitos recientes, no diagenizados. Estos depósitos son de extensiones y espesores variables, con diferentes grados de cohesión y litología, su morfología varía de un lugar a otro y depende de los procesos que les ha dado origen. En muchos casos se encuentran afectados por fenómenos de geodinámica externa (derrumbes, deslizamientos, erosión, huayco, etc.).

En esta unidad se tienen :

Depósitos Glaciares .- Consiste de una mezcla heterogénea de fragmentos y escasos bloques subangulares en matriz arena limosa, arena arcillosa; generalmente permeables. Presentan pendientes promedio de 35°, llegando en algunos casos hasta 55°de pendiente.

Depósitos Fluvio-Glaciares .- Consisten de una mezcla heterogénea de fragmentos y escasos bloques sub-angulares y subredondeados en porcentajes variables. La matriz que engloba a estos elementos es también variable, encontrándose arcillas, arenas y eventuales lentes de arena arcillosa, arena limosa. Constituyen depósitos de mediana a poca estabilidad.

Depósitos Aluviales .- Están constituidos por una mezcla heterogénea de gravas, cantos y bolos, redondeados y subredondeados, teniendo como matriz limos arcillosos, arenas limosas en porcentajes variables.
Estos depósitos se encuentran generalmente cubiertos por una capa de materiales finos con diferentes espesores.
Constituyen las áreas planas donde se han establecido los asentamientos humanos.

Depósitos Coluviales .- Conforman una mezcla heterogénea de gránulos, gravas, cantos y escasos bloques; angulares y sub-angulares en matriz diversa (arena arcillosa, limo, arcilloso, etc.).-
El porcentaje de fragmentos es variable de un lugar a otro, así como también su grado de compactación.
Como consecuencia de su origen y modo de deposición se ubican en las laderas y generalmente tienen mediana a poca estabilidad.

Depósitos Proluviales .- Consisten de una mezcla heterogénea de gránulos, gravas, cantos y bloques subangulares y angulares en matriz diversa. Generalmente en estos depósitos se observa una gradación granulométrica de la parte central hacia los flancos.-
En el sector central predominan los elementos gruesos y hacia los flancos los finos.
Conforman superficies de pendientes moderadas.
En muchos casos, se han establecido poblaciones en los conos de deyección o cursos antiguos, por lo que estan expuestos a ser arrasadas cuando ocurren precipitaciones excepcionales.

Depósitos Fluviales .- Están conformados por gravas y cantos de formas redondeadas, mezclados con arenas y finos. Su distribución está restringida al cauce del río Rímac y tributarios principales.

El río divaga a lo ancho de estos depósitos, dejando en épocas de sequías superficies planas que son utilizadas como tierras de cultivo, e incluso se han construido viviendas que están expuestas a ser arrasadas en época de avenidas.

Depósitos Litorales .- Conformados principalmente por suelos arenosos y también por gravas y cantos. En este tipo de depósitos suelen producirse fenómenos de licuefacción de arenas.

Depósitos Eólicos .- Están constituidos por arenas limpias y sueltas con espesores variables. En algunos casos se presentan cubiertos por materiales aluviales y proluviales. En estos casos su reconocimiento es importante, sobre todo cuando dichas áreas tienen que soportar diferentes estructuras.

### 2.4.2 UNIDAD II .- ROCAS VOLCANICAS

En esta unidad se agrupan las formaciones netamente volcánicas que afloran en la cuenca; también se incluyen, en esta unidad algunos volcánicos que tienen algunas intercalaciones de sedimentos que por su escaso espesor y amplitud son poco significativos dentro del conjunto.
Consisten mayormente de derrames andesíticos de textura afanítica y porfirítica, también se encuentran basaltos, tobas de composición riolítica y dacítica, tufos lapillíticos, aglomerados y brechas volcánicas. Las coloraciones que presentan son diversas, predominando los tonos gris, gris verdoso y violáceo. En general muestran notorio diaclasamiento y fracturamiento, características que facilitan a la alteración y meteorización de las rocas, cuyos productos finales descienden hasta ocupar el lecho de las quebradas incrementándose los materiales de carga. Igualmente presentan resistencia al golpe de mediana a fuerte.
Las rocas que pertenecen a esta unidad evolucionan a formas topográficas elongadas, cónicas y redondeadas en la cima, con laderas que oscilan aproximadamente de 20° a 45° de pendiente. Eventualmente algunos escarpes de fallas y afloramientos en bordes de quebradas muestran mayor empinamiento.
Las quebradas que transportan rocas fragmentadas pueden ser usadas como materiales de construcción.

### 2.4.3 UNIDAD III .- VOLCANICO SEDIMENTARIO

Esta unidad está conformada por una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias en proporciones notorias y significativas y que de acuerdo a las asociaciones litológicas que presentan, se consideran las siguientes subunidades.

Sub-Unidad $III_A$ : Conglomerados Volcánicos, Derrames Andesíticos, limolitas y areniscas .- Se encuentran localizadas en el sector oriental de la cuenca, en las localidades de Yauliyacu, Casapalca, Yuracmayo, etc.

Están conformadas por la siguiente secuencia, que se describe del nivel superior al inferior :

- Conglomerados volcánicos intercalados con areniscas de color verde, grano fino, con nódulos de caliza y fuerte resistencia al golpe, limolitas rojizas y calizas arenosas y hacia el tope intercalaciones de tobas, brechas, tobáceas, aglomerados y limolitas.
- Derrames andesíticos porfiroides, afaníticos de color gris, ocasionalmente intercalados con flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos.
- Tobas finas, rojizas, con algunas intercalaciones de tobas lapillíticas gris verdoso y marrón, ocasionalmente con capas de andesitas limolitas y areniscas tobáceas.

Esta sub-unidad, en la márgen derecha de la quebrada Yuraccocha, consiste de brechas volcánicas de color verde grisáceo, fuerte resistencia al golpe, con laderas de 30°de pendiente y estables. En la márgen izquierda se exponen areniscas de color verde, grano fino, algo silicificados con escasos nódulos calcáreos y fuerte resistencia al golpe. Las laderas se presentan estables. En general estas rocas se muestran medianamente fracturadas y en algunos lugares, con mayor grado de meteorización que incide en su resistencia al golpe; las limolitas se parten en fragmentos menudos y constituyen los estratos débiles de esta secuencia.
La estabilidad de esta subunidad puede considerarse de mediana a buena.

Sub-Unidad $III_B$ .- Tobas, areniscas tobáceas y calizas.
Se encuentran localizadas en el sector oriental de la cuenca en las localidades del Río Blanco, Chicla y Bellavista.

Esta subunidad tiene la siguiente secuencia :

- Calizas margosas pardo amarillentas, con intercalaciones de calizas negras silicificadas, tobas finas, andesitas tobáceas, lutitas y limolitas gris verdosas a pardo rojizas.

- Tobas redepositadas, tobas lapillíticas, areniscas tobáceas de colores abigarrados, intercalándose con aglomerados finos, brechas tobáceas y ocasionalmente horizontes de tobas andesíticas y dacíticas, así como también capas de calizas.

  Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, habiéndose localizado pequeños derrumbes y superficie de un antiguo deslizamiento cerca a la localidad de Bellavista sin indicios de reactivación. En los lugares donde la roca se presenta bien fracturada pueden ocurrir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos; como por ejemplo, en la localidad de Bellavista donde se localiza un enorme bloque rocoso que podría ocasionar problemas tanto a la carretera como a la población. (Las recomendaciones pertinentes se dan en el capítulo de vías de comunicación).

SUB-UNIDAD $III_C$ .- Areniscas, Andesitas y Conglomerados.
Se localizan en el sector oriental de la cuenca, en la mina Millo tingo Lagunas de Urpo, cerro Carapeca, etc.
Consisten de una secuencia de areniscas de material volcánico decoloraciones rojizas y estructura brechoide, andesitas de color violáceo, meteorizadas, intercalados con horizontes conglomerádicos de color violáceo intemperizando a blanquecino.
Conforman cerros bajos de formas redondeadas y elongadas, con laderas de 20°a 40°de pendiente, presentándose en general estables con problemas menores de geodinámica externa.

SUB-UNIDAD $III_D$ .- Tobas, Areniscas y Limolitas.
Se localizan en el sector central de la cuenca, en las localidades de Llancha, Chinchina, cerros Marcajay y Huarichaca.
Consisten de tobas riolíticas a riodacíticas que se alternan con areniscas y limolitas gris verdoso a rojizo. Hacia la base las tobas pasan a composiciones andesíticas de color gris violáceo.
Para el objeto del presente estudio ésta sub-unidad no tiene mayor trascendencia por encontrarse alejadas del curso principal del río Rímac.

SUB-UNIDAD $III_E$ .- Derrames Andesíticos, Calizas, Metavolcánicos, Lodolitas.
Estas rocas afloran en el sector central de la cuenca, en las localidades de Carachacra, San Lorenzo de Huachupampa y cerro Pacsahumo.
Están constituidas por una secuencia de derrames andesíticos mayormente afaníticos, ftanitas afaníticas, bancos moderados de calizas bituminosas con paquetes de limolitas o lodolitas y metavolcánicos con ftanitas oscuras o lodolitas calcáreas negras.
Constituyen cerros alargados con laderas de pendientes moderadas en donde se desarrollan cursos superficiales de aguas; en general los cerros conformados por estas rocas pueden considerarse estables, con problemas mínimos de fenómenos de geodinámica externa (derrumbes, deslizamientos).

SUB-UNIDAD $III_F$ .- Lavas Andesíticas, Lodolitas, Margas, Chert.
Se les localiza en el sector Occidental de la cuenca, aflorando en el cerro Santa María, quebrada el Silencio, etc.
Están constituidos mayormente de lavas andesíticas masivas intercalándose a diferentes niveles con lodolitas, margas silicificadas, chert blanco y oscuro; en la parte superior consisten de areniscas de grano fino, silexitas y limolitas tobáceas.
Para el objeto del presente estudio estas rocas no tienen mayor trascendencia por encontrarse alejadas del curso principal del río Rímac.

2.4.4 UNIDAD IV .- Sedimentarios

En esta unidad se agrupan a todas las rocas sedimentarias que afloran en la cuenca. Se les ha agrupado en las siguientes subunidades.

SUB-UNIDAD $IV_A$ .- Calizas

Estas rocas afloran en el sector oriental de la cuenca, en la quebrada Pancha, Puente El Infiernillo, cerros Huamanripa y Corte, etc.
Esta sub-unidad está conformada predominantemente por rocas calizas generalmente de color gris, fracturadas, con mediana a fuerte resistencia al golpe, estratificadas en capas delgadas, presentándose también de aspecto masivo, ocasionalmente se alternan con capas de margas, areniscas calcáreas y lutitas.

En los lugares donde se encuentran muy fracturadas pueden ocurrir caída de fragmentos y bloques rocosos sobre la carretera como por ejemplo en el Km. 81 + 900 donde se halla un enorme block fracturado que debería ser eliminado y en el Km. 97 + 900 lugar en que se producen caídas de fragmentos, siendo necesario trabajos de desquinche.

Conforman cerros con laderas de pendientes fuertes a medias y son en general medianamente estables, salvo casos aislados, como el curso inferior de la quebrada Pancha, que tiene manifiesta inestabilidad.

SUB-UNIDAD $IV_B$ .- Lutitas, Areniscas, Cuarcitas, Limolitas.

Estas rocas afloran en el sector occidental de la cuenca, localizándose en el cerro Morro Solar la secuencia típica.

Están constituidas por una secuencia donde se intercalan cuarcitas recristalizadas, areniscas cuarzosas con lutitas gris azulados a verdoso y lutitas gris oscuras a negras con areniscas gris-oscuras, areniscas en bancos delgados con niveles lutáceos y cuarcita gris blanquesina con lutitas de color ocre, atravesadas por diques de andesitas.

Para el objeto del presente estudio estas rocas no tienen mayor trascendencia por encontrarse alejadas del curso principal del río Rímac.

SUB-UNIDAD $IV_C$ .- Areniscas, Limolitas, Lutitas, Conglomerados.

Estas rocas afloran en el sector oriental de la cuenca, en la localidad de Casapalca.

Estan constituidas por una secuencia que consiste de intercalaciones de areniscas, limolitas, y lutitas rojizas, alternadas ocasionalmente con areniscas calcáreas y areniscas guijarrosas marrón claro, dentro de esta secuencia destacan calizas y conglomerados con cantos de cuarcita y caliza; también se localizan conglomerados cuarcíticos algo calcáreos intercalados ocasionalmente con capas de arenisca y limolitas rojizas.

Constituyen formas topográficas alargadas con laderas de pendientes entre 25° a 55°, en los que se localizan fenómenos de geodinámica externa de poca magnitud, tales como derrumbes y desprendimiento de rocas, razón por lo que puede considerarse como moderadamente estables.

SUB-UNIDAD $IV_D$ .- Calizas, Limolitas.

Se localizan en el sector occidental de la cuenca en el área de la ciudad de Lima.

Están constituidas por intercalación de calizas con limolitas decoloraciones abigarradas y gris oscuras, también de margas y algunos niveles de arcillas tobáceas. En partes predominan calizas en bancos masivos de color azulino intercaladas con calizas de color gris claro y verdoso.

Para el objeto del presente estudio estas rocas no tienen mayor trascendencia por encontrarse alejadas del curso principal del río Rímac.

2.4.5 UNIDAD V .- Rocas Intrusivas

Estas rocas se localizan mayormente en el curso inferior del río Rímac, encontrándose también pequeños cuerpos en el curso medio y superior.

Su composición varían de básicas a ácidas encontrándose cuerpos tales como dioritas, tonalitas, granodioritas, tonalitas-dioritas, tonalitas granodioritas, gabros y gabrodioritas. Se encuentran fracturadas, diaclasadas, meteorizadas, con disyunción esferoidal generalmente con mediana resistencia al golpe.

Presentan colores diversos siendo los más comunes el gris claro y oscuro en mayor porcentaje son de grano medio a grueso y cuando se encuentran fuertemente meteorizadas se disgregan en arenas de grano medio a grueso y también arena fina.

El fracturamiento y meteorización de la roca da lugar a desprendimientos de fragmentos, y bloques rocosos que se acumulan en las laderas, o al pie de ellas, estos fenómenos sufren incentivación por efecto de sismos fuertes, pudiendo ocasionar daños a las obras civiles, un ejemplo típico se tiene en el Km. 43 + 100 de la carretera central.

En general estas rocas constituyen cerros con laderas de características moderadamente estables.

2.4.6 UNIDAD VI .- Metamórficos

Las rocas metamórficas se localizan en sectores muy reducidos de-

la cuenca, no siendo mapeables.

En el curso inferior de la quebrada Pancha afloran esquistos fracturados, meteorizados con débil resistencia al golpe. Estas rocas constituyen cerros con laderas generalmente de características poco estables.

Página en blanco

# 3.0 GEOMORFOLOGIA

La cuenca del río Rímac se ubica en el flanco oeste de la Cordillera-Occidental y muestra un relieve caracterizado por fuertes contrastes topo - gráficos. Una explicación de esta morfología sustentada en base a los procesos geomórficos que estan operando, no sería enteramente correcta. Para una mejor comprensión de la morfología actual es necesario exponer una su - cinta visión retrospectiva de los principales eventos morfotectónicos acaecidos en los tiempos geológicos hasta el reciente. Así tenemos que los - primeros movimientos precursores del levantamiento de los Andes tienen lu - gar durante la "fase Albiana", con deformaciones restringidas al ámbito de la Costa (Pitcher 1978).

La siguiente fase de deformación viene a producirse durante la llamada "fase Peruana" (cretáceo superior) caracterizada por plegamientos intensos en la costa, disminuyendo en amplitud hacia el sector andino. En el Eoceno Superior acontece la "Fase Incaica" durante la cual se acentúan los - plegamientos y levantamientos con manifestaciones más intensas en la zona - andina. El mayor levantamiento del sector andino habría tenido lugar en el Mioceno Superior, durante la "Fase Quichuana" caracterizada por intenso fallamiento y gran actividad volcánica, actividad que ha sido más intensa en el sur del país.

Así mismo, durante este periodo, la incisión de los valles de la costa habrían alcanzado casi su nivel presente (Myers 1976).

Sobre esta tierra emergida se habrían producido los movimientos del - Plio-Cuaternario, que corresponderían a reactivaciones o movimientos tardíos de la fase Quichuana, época en la que los procesos de erosión y deposición son manifiestamente activos. Movimientos más recientes, no tienen mayores evidencias en la cuenca del río Rímac salvo algunas terrazas aluviales al - tas que indicarían levantamientos.

Por lo expuesto, se podría postular, que la evolución morfológica de la cuenca del Río Rímac en los últimos 200,000 años ha tenido como causa - preponderante los procesos geomórficos.

En el presente estudio de la geomorfología de la cuenca del río Rímac no se pretende lograr la datación de las formas, sino que se definen unidades geomorfológicas en base a consideraciones de similitud de formas, para lo cual se han vinculado factores climaticos y litológicos, entre otros( Ver Mapa 2-4).

## 3.1 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

### 3.1.1 UNIDAD I - RIBERA LITORAL DE PLAYA

La configuración del borde litoral muestra puntas, bahías y ensenadas, donde se han formado playas por acumulación de arenas acarreadas por corrientes litorales y por deriva litoral. Donde las rocas ofrecen mayor resistencia a la erosión y acción demoledora de las olas, la configuración se hace más abrupta conformando a -

cantilados, como se puede observar en el Paso de la Araña entre las playas La Herradura y la Chira.

Entre Perla Alta y el Morro Solar, igualmente se han formado acantilados en antiguas terrazas del Río Rímac, que va creciendo de norte a sur, adquiriendo mayor altura en Miraflores, donde estaría situada la parte central del cono deyectivo del río Rímac. Las principales playas en referencia son : La Punta, Costa Verde (Barranquito, Agua Dulce, La Herradura y La Chira).

La morfología del borde litoral tiene un control estructural y litológico sobre el que está actuando la erosión marina diferencial (Estudio Geológico, tectónico del Area de Lima - Oscar Palacios y otros).

### 3.1.2 UNIDAD II - CONO DE DEYECCION

Constituye una llanura aluvial cubierta por material de acarreo, transportado por el Río Rímac con interdigitaciones de materiales procedentes del Río Chillón. Muestra una topografía moderada con zonas planas y localmente con algunas lomas y montes islas. Tiene la forma de un abanico, cuyo vértice se inicia desde Vitarte, siendo sus otros vértices el Morro Solar y la Hda. Bocanegra. Sobre esta llanura aluvial el río ha sufrido divagaciones y cambios de curso periódicos en diferentes épocas geológicas, hasta alcanzar su actual posición, constituyendo así, en su conjunto, el colchón aluviónico o terreno de fundación del área de Lima Metropolitana.

Esta unidad se desarrolla a lo largo de una faja, limitada al Oeste por la ribera litoral, y al Este por una cadena de cerros bajos pertenecientes a los primeros contrafuertes andinos; con un ancho promedio de 30 Km., aproximadamente.

### 3.1.3 UNIDAD III - ZONA DE LOMAS Y MONTES ISLAS

Contiguas a las estribaciones de la Cordillera Occidental se encuentra la zona de Lomas, que presenta un relieve más bajo, subordinando su topografía a la litología de las unidades geológicas y a los mantos de arena que muchas veces las cubren. Las lomas labradas sobre las calizas y cuarcitas cretáceas presentan un relieve abrupto; las que se encuentran sobre arcilla y limolitas, dan lugar a lomas redondeadas; y las que están en rocas volcánicas, presentan rasgos topográficos característicos, con pendientes suaves a empinadas, según su resistencia al intemperismo. Se considera dentro de esta unidad las lomas como el Agustino, el Pino, La Regla etc. que han quedado como testigos, a manera de islas dentro de una llanura, por haber resistido la acción erosiva. (Estudio Geológico, tectónico del Area de Lima-Oscar Palacios y otros).

### 3.1.4 UNIDAD IV - ESTRIBACIONES DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Esta unidad comprende a la cadena de cerros bajos, las cuales están constituídos en gran parte por el Batolito de la Costa, con su envolvente volcánico-clástico y que se levantan al Este del cono deyectivo, extendiéndose por ambos lados de los valles y quebradas, aumentando progresivamente en altitud y relieve.

### 3.1.5 UNIDAD V - VALLES Y QUEBRADAS

Los valles y quebradas nacen en la divisoria continental y forman a través del altiplano y flanco occidental andino grandes canales de desague, diseñando el patrón de drenaje de la cuenca, como resultado de la erosión por procesos y agentes geomorfológicos que han actuado en combinación con los movimientos epirogénicos. En el Altiplano, los valles son de típico modelado glaciar, destacando valles en "U" (foto N°1), valles colgados, superficies estriadas, *circos glaciares y lagunas. En el flanco occidental andino* la sección transversal presenta un perfil típico en "V", ancho y abierto en la parte alta, y encañonado en la parte baja, de laderas empinadas y abruptas, lo cual, guarda relación con las denominadas etapa valle y etapa cañón (foto N°2).
En la etapa valle, se exponen terrazas a diferentes niveles, que están generalmente ocupadas por los pueblos de la región.

Las quebradas subsidiarias se encuentran en evolución, en proceso de encañonamiento y erosión regresiva. Dentro de estas áreas existen zonas sensibles a los fenómenos de geodinámica externa como : deslizamientos, derrumbes, erosión en cárcavas, huaycos, etc. que actúan como agentes modeladores naturales; a esto hay que añadir la acción del hombre como agente modificador.

### 3.1.6 UNIDAD VI - ALTIPLANICIES

Esta unidad se extiende en el sector Este del área estudiada, presenta relieve moderado, con formas topográficas de típico modelado glaciar y fluvio-glaciar, integrado por pampas, colinas y cadena de cerros suaves, mas o menos concordantes, cuya altitud va ascendiendo progresivamente desde los 4,000 m. hasta la divisoria continental. Esta morfología está disectada por ríos y quebradas algunos de ellos con típico modelado glaciar, destacándose valles con secciones típicas en "U", valles colgados, circos glaciares, lagunas escalonadas, etc. Las altiplanicies con las características morfológicas indicadas son un remanente de la superficie puna.

La estabilidad natural es buena, sufriendo alteraciones locales por la actividad del hombre.

### 3.1.7 UNIDAD VII - DIVISORIA CONTINENTAL

Corresponden a las máximas elevaciones que constituyen el límite-

entre las cuencas del Pacífico y el Atlántico, cuya morfología es netamente glaciar. Las laderas muestran pendientes pronunciadas, llegando hasta verticales en algunos casos (foto N°3). Se caracteriza por presentar casquetes glaciares en franco retroceso, con nieves perpetuas que solo se circunscriben a los nevados de Anticona (Ticllo) Nudo Shullcon, Cashpe, Yanaulla etc.

Se considera inestable en condiciones naturales y bajo la acción del hombre, predominando los procesos erosivos físicos a causa de la influencia climática (helacidad).

## 3.2 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

En este acápite se trata de establecer las relaciones entre el comportamiento del régimen hidrológico de la cuenca del Río Rímac y las características geomorfológicas de la misma.

La descripción de la geometría de la cuenca y su determinación matemática ha requerido cálculos y mediciones de los aspectos lineales de su red de drenaje, relieve y área, para luego ser usados en las evaluación de procesos geodinámicos.

### 3.2.1 SUPERFICIE

- Area Total de la Cuenca (A) .- Se considera a toda el área del terreno cuyas precipitaciones son evacuadas por un sistema común de cauces, constituida en este caso por el Río Rímac y sus tributarios, comprendida desde la divisoria de aguas hasta su desembocadura al mar.

$$A = 3{,}398.1 \text{ Km}^2$$

Este valor sirve de base para el cálculo de los demás parámetros.

- Area de la Cuenca de Recepción ($A_c$) .- Es el área de la cuenca hidrográfica donde ocurre la mayor cantidad promedio de precipitación y está determinada desde la estación de aforos de Chosica aguas arriba.

$$A = 2{,}370.4 \text{ Km}^2$$

- Area de la Cuenca Húmeda (Ah) .- Es la superficie de la cuenca hidrográfica, que comprende todas las zonas cuya precipitación media anual está por encima de los 200 mm.

$$A_h = 1{,}625 \text{ Km}^2$$

Estos parámetros han sido utilizados para determinar las condiciones hidrológicas de la cuenca.

### 3.2.2 PERIMETRO DE LA CUENCA (P)

Esta característica tiene influencia en el tiempo de concentración de la cuenca.

$$P = 440.6 \text{ Km.}$$

Según Remenieras "El tiempo de concentración de una cuenca" es la duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de aquella, llegue a la salida ó desembocadura.

### 3.2.3 FORMA DE LA CUENCA

Determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del Río Rímac y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que presentan las mismas. Se expresa con los siguientes parámetros :

- Coeficiente de Compacidad o Indice de Gravelius (Kc) .-

$$Kc = 2.12$$

Este parámetro constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área es equivalente al área de la cuenca en estudio.

Cuando el valor del $K_c$ se acerca a la unidad, la cuenca se aproxima a la forma circular y habrá mayores oportunidades de crecientes, debido a que los tiempos de concentración de los diferentes puntos de la cuenca serían iguales. La cuenca del Río Rímac tiene como coeficiente de compacidad 2.12 que corresponde a un perímetro de forma alargada e irregular, con tiempos de concentración cortos (pendientes pronunciadas), en la cuenca alta y media, permitiendo la rápida evacuación de las crecientes a través de los lechos fluviales en épocas de lluvias, produciendo fuerte erosión de fondo y lateral, y en la cuenca baja erosión de riberas e inundaciones.

- Factor de Forma ($F_f$) .- Es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud total del Río Rímac considerados desde sus nacientes hasta el mar. El ancho medio se obtiene dividiendo el área total de la cuenca y la longitud total del Río Rímac.

Luego tenemos : $F_f = 0.161$

Este factor se considera entre intermedio a alto, por lo tanto en el Río Rímac y sus tributarios se producirán crecientes rápidas y turbulentas, como consecuencia de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca alta y media.

3.2.4 SISTEMA DE DRENAJE .-

Está constituido por el Río Rímac y sus tributarios. Dentro de esta característica se consideran los siguientes parámetros :

- Grado de Ramificación .- Para determinar el grado de ramificación del Río Rímac, se consideró el número de bifurcaciones que tienen sus tributarios, asignándoles un orden a cada uno de ellos (1°, 2°, 3°, orden, etc.) en forma creciente, desde el inicio en la divisoria, hasta llegar al curso principal.
  Luego el grado de ramificación correspondiente al Río Rímac es de 6°orden. Esto indicaría que el sistema de drenaje es producto de la actividad tectónica y erosión activa bajo determinadas condiciones climáticas.

- Densidad de Drenaje (Dd) .- Este parámetro resulta de la relación entre la longitud total de los cursos de agua (efímeros, intermitentes y perennes) y el área total de la cuenca.

$$Dd = 0.630 \text{ Km/Km}^2$$

Este valor indica que las precipitaciones influirán inmediatamente sobre las descargas de los ríos (tiempo de concentración cortos). Los materiales poco consolidados de los suelos, escasa vegetación y topografía abrupta, favorecen la densidad de drenaje.

- Extensión Media de Escurrimiento Superficial ($E_s$) .- Este parámetro indica la distancia media, en línea recta, que el agua precipitada tendrá que escurrir para llegar al lecho de un curso de agua.

$$E_s = 397 \text{ m.}$$

Esto indica que la lámina de agua superficial deberá recorrer en promedio 397 m. antes de llegar a un curso de agua de su sistema de drenaje. Esta distancia nos indica un valor erosivo alto, siendo su producto las manifestaciones de la erosión laminar, en canales y en cárcavas.

- Frecuencia de ríos (F) .- Relaciona el total de los cursos de agua con el área total de la cuenca.

Luego, tenemos : F = 0.270 Ríos/$Km^2$

Se expresa un número de ríos por kilómetro cuadrado.

### 3.2.5 ELEVACION DE TERRENOS .-

Este parámetro está referido al nivel del mar y es otra característica que representa la declividad de la cuenca. Se tiene los siguientes índices :

- Altitud Media de la Cuenca .-

A = 3,156 m.s.n.m.

- Curva Hipsométrica y Polígono de Frecuencia de Altitudes .-

En el gráfico N°1 se representa la curva hipsométrica y polígono de frecuencia de altitudes : El polígono de frecuencia de altitudes es un diagrama de relación entre las superficies parciales de la cuenca, expresadas en porcentaje y las alturas relativas a dichas áreas, comprendidas entre curvas de nivel. La curva hipsométrica representa las superficies dominadas por encima o por debajo de cada altitud considerada y por lo tanto caracteriza en cierto modo el relieve.
Analizando esta curva se tiene : la zona A o cuenca alta, comprendida entre los 4,000 a 5,250 m.s.n.m., se caracteriza por una pendiente moderada.
La zona B, o cuenca media, comprendida entre los 1,000 a 4,000 m.s.n.m., aproximadamente, se caracteriza por presentar una pendiente más pronunciada, de topografía abrupta y agreste.
La zona C, o cuenca baja, está caracterizada por presentar formas suaves, de pendientes muy moderadas, lo cual se manifiesta por extensas superficies abiertas hasta el borde del litoral marino. Esta zona es más propensa a las inundaciones en épocas de crecientes del río Rímac.

### 3.2.6 RECTANGULO EQUIVALENTE

Es un rectángulo que tiene la misma superficie de la cuenca, el mismo coeficiente de compacidad e idéntica repartición hipsométrica. Se trata de una transformación puramente geométrica de la cuenca, en un rectángulo del mismo perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor. Dicho rectángulo tiene como base, el lado menor, con 16.04 Km. y como altura, el lado mayor, de 204.02 Km. constituyendo un rectángulo alargado. Esto corrobora la forma de la cuenca (Kc) (Gráfico N°2).

## CURVA HIPSOMETRICA Y POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

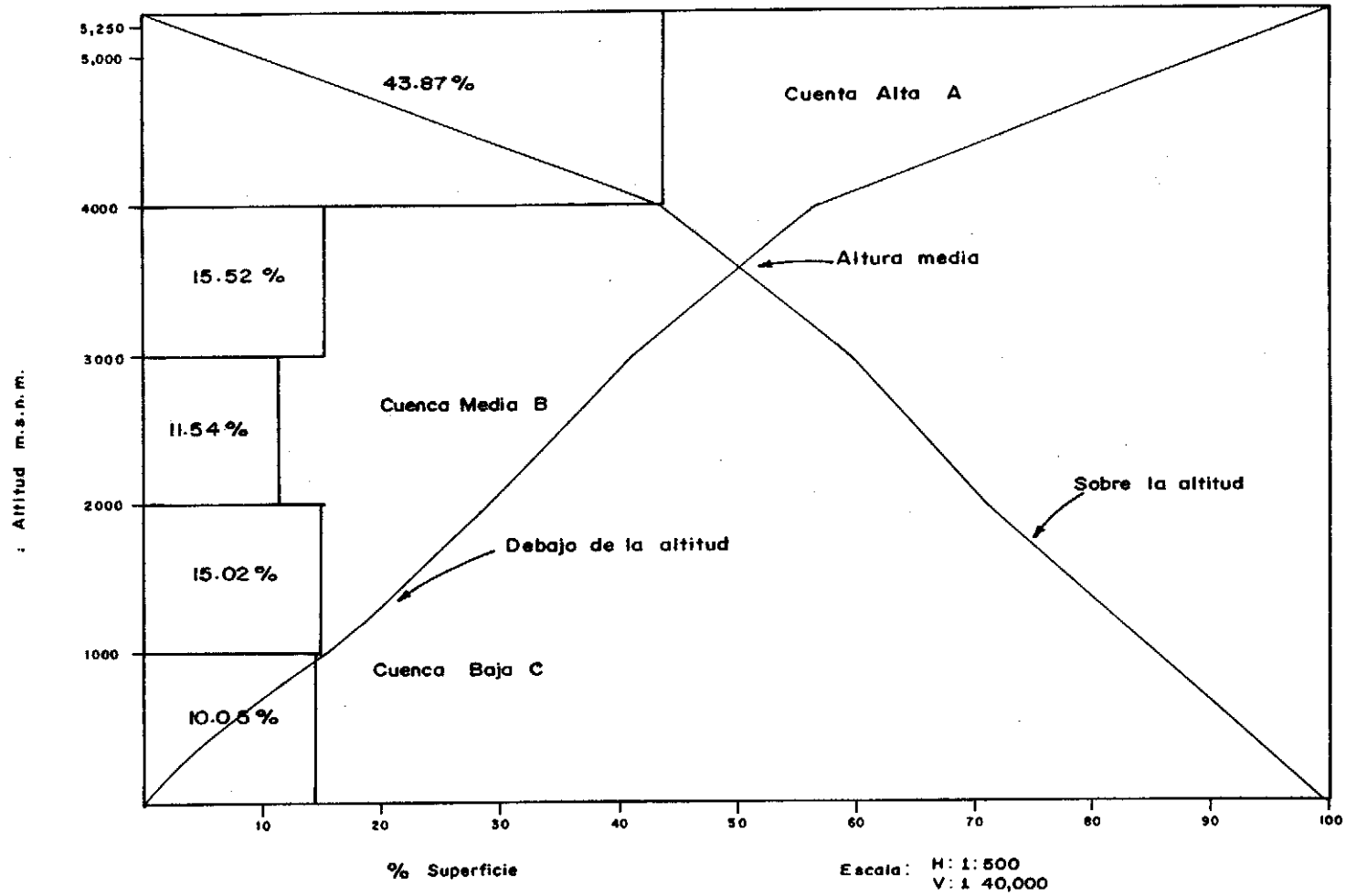
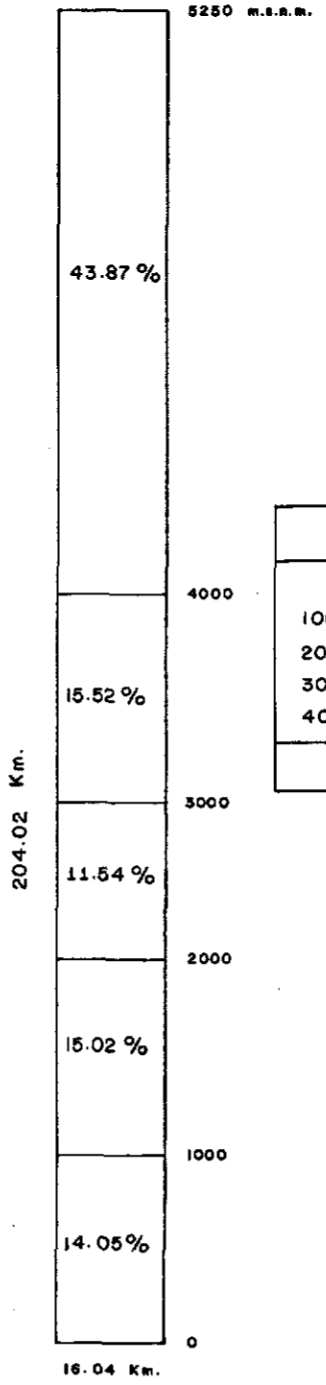



Gráfico N° 1




| COTAS m.s.n.m | AREA PARCIAL Km² |
|---|---|
| 0 – 1000 | 478.5 |
| 1000 – 2000 | 510.3 |
| 2000 – 3000 | 391.1 |
| 3000 – 4000 | 527.4 |
| 4000 – 5250 | 1490.8 |
| TOTAL | 3,390.1 |

RECTANGULO EQUIVALENTE

CUENCA DEL RIO RIMAC

ESCALA : 1:1'000,000

Gráfico N° 2

### 3.2.7 DECLIVIDAD DE LOS ALVEOS .-

El Río Rímac y su red tributaria concentrada en los lechos fluviales discurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de estos lechos; así, a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. Para determinar esta característica se utilizan los siguientes parámetros.

- Pendiente Media del Río (Ic) .- Comprende los puntos extremos en que se encuentra el lecho del río Rímac, es decir entre la naciente y el litoral.

$$Ic = 3.23\%$$

Esto nos indica que hay fuerte escurrimiento superficial con erosión de fondo y lateral especialmente en épocas de crecientes.

- Declive Equivalente Constante .- El cálculo se basa en un método representativo del perfil longitudinal del curso de agua. Asume que el tiempo de traslado varía en toda la extensión del curso de agua con la inversa de la raíz cuadrada de la declividad. Gráfico N°3

$$S = 2.8\%$$

### 3.2.8 DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS

Este parámetro influye directamente en el escurrimiento superficial, controlando, en gran parte, su velocidad y el tiempo que el agua de lluvia demora en concentrarse en los lechos fluviales que forman la red de drenaje de la cuenca.
Existen diferentes métodos para este cálculo siendo el más usual el siguiente :

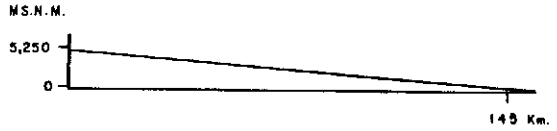
- Método de Indice de pendiente de la Cuenca o Pendiente Media de la Cuenca ($I_p$) .- Este parámetro es un valor medio de todas las pendientes correspondientes a las áreas elementales de una cuenca; se deduce a partir del rectángulo equivalente.

$$I_p = 15.6\%$$

Este valor nos indica que el promedio de las pendientes de la cuenca es de 15.6%; considerándose esta pendiente como intermedia.
Los fenómenos de geodinámica externa relacionados a las pendientes, como deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, erosión fluvial, etc., dependerán además de las condiciones climáticas, naturaleza litológica del terreno, condiciones estructurales etc.

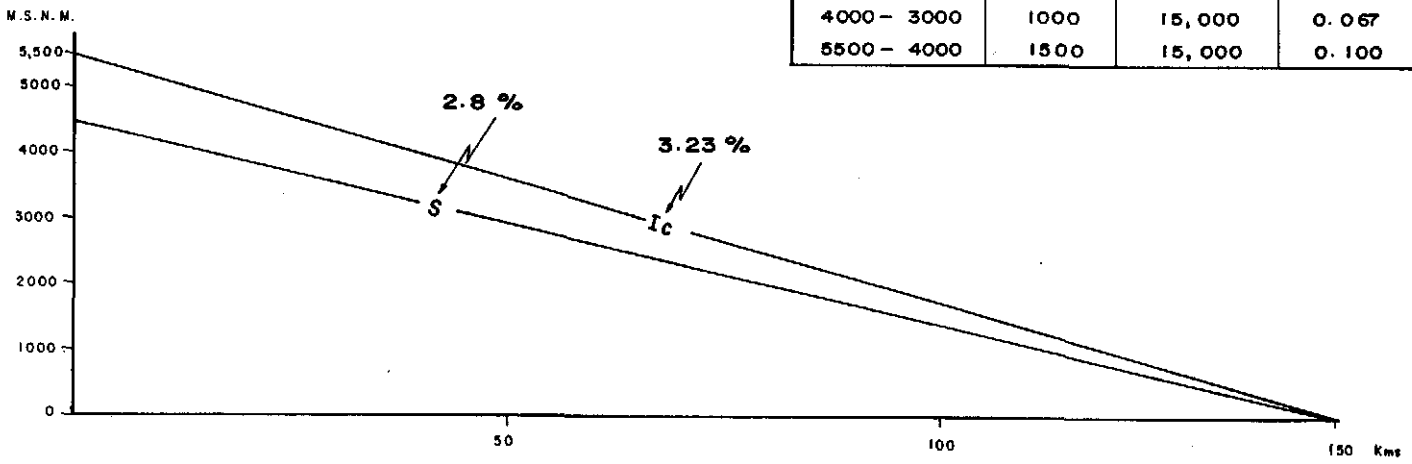
## PENDIENTE MEDIA Y DECLIVE EQUIVALENTE CONSTANTE

## DEL RIO RIMAC




ESCALA : 1: 2'000,000

| COTAS | DIF. ELEV. mts. | LONG.TRAMO (mts) | DECLIVIDAD PARCIAL | PENDIENTE % |
|---|---|---|---|---|
| 1000 - 0 | 1000 | 63,000 | 0.016 | L.6 |
| 2000 - 1000 | 1000 | 28,000 | 0.036 | 3.6 |
| 3000 - 2000 | 1000 | 24,000 | 0.042 | 4.2 |
| 4000 - 3000 | 1000 | 15,000 | 0.067 | 6.7 |
| 5500 - 4000 | 1500 | 15,000 | 0.100 | 1.0 |




ESCALA : H: 1: 750,000

V 1:100,000

Gráfico N° 3

### 3.2.9 COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD .-

Este parámetro indica la relación entre el número de cursos de agua de primer orden y el área total de la cuenca.

$$C_t = 0.129 \text{ Ríos/Km}^2$$

Nos proporciona una información adicional respecto al sistema de drenaje en la cabecera de los valles y quebradas consideradas en este sistema como juveniles.

### 3.2.10 COEFICIENTE DE MASIVIDAD .-

Este índice expresa la relación entre la altitud media de la cuenca y el área total de la misma.

$$C_m = 0,928 \text{ m/Km}^2$$

Este coeficiente es llamado también "coeficiente denudacional" que nos proporciona un índice de erosión. Cuanto más llano es el terreno más bajo es el valor, y significa menor erosión; y cuanto más abrupto es el terreno, el valor es más alto y por consiguiente significa una mayor erosión.

# 4.0 HIDROLOGIA

Los aspectos hidrológicos, superficiales y/o subterráneos, tienen incidencia muy importante en la protección y construcción de obras civiles y-van en razón directamente proporcional a su propia magnitud.

En la construcción de vías de comunicación (carreteras, ferrocarriles etc.), asentamientos poblacionales, etc.,se debe preveer los puntos en que incidirán las corrientes de agua permanente o estacionales para darles un adecuado drenaje o plantear las defensas respectivas.

El área estudiada se caracteriza por la presencia del Río Rímac, como elemento fundamental de toda la hidrología superficial; y el Río Santa Eulalia, afluente, por la márgen derecha, del anterior, como elemento secundario.

La presencia del Río Rímac, principal arteria hídrica de la cuenca, condiciona toda la red de drenaje superficial, tanto estacional como permanente en el área, a la que cruza con dirección NE-SO.

## 4.1 RIO RIMAC .-

El Río Rímac, nace en el nevado de Ticlio (5,000 m.s.n.m.), en las lagunas formadas por el deshielo de este glaciar, a 4,900 m.s.n.m. El río se desplaza por el fondo de un valle glaciar, luego profundiza su valle que va estrechándose, hasta formar el "Cañón del Infiernillo", aguas arriba de San Mateo.

El valle se amplía un poco en San Mateo, para angostarse nuevamente en el sector de Viso. Aguas abajo de Matucana tenemos otra zona de encañonamiento. A partir de Surco, el valle se amplía y en Vitarte, se inicia la llanura aluvial, que llega hasta el Oceáno Pacífico. En esta llanura se ubica la ciudad de Lima, y próximo a su desembocadura el Puerto del Callao.

La Cuenca Hidrográfica del Río Rímac tiene 3,398 $Km^2$, un recorrido de 145 Km., una pendiente promedio de 3.23% y un declive equivalente constante de 2.8%.

La red de drenaje se compone de los elementos siguientes, de Este a Oeste :

Márgen derecha del Río Rímac (principales tributarios)

- Qda. Antajasha (9 Km.)
- Qda. Garanacunga (10 Km.)
- Qda. Santa Rosa (8.5 Km.)
- Qda. Tranquilla (4.5 Km.)
- Qda. Turumanya ( 6 Km. )
- Qda. Pancha (10 Km.)
- Qda. Palcacancha (7.8 Km.)
- Qda. Yanajune (8.5 Km.)
- Qda. Linday (9 Km.)

- Río Canchacalla (20 Km)
- Río Santa Eulalia (66 Km)
- Qda. Collque (8 Km)
- Qda. Jicamarca (40 Km)

Esta red de drenaje tiene como características principales :

- Su densidad y caudal bastante mayor
- Mayor área
- Mayor longitud y pendientes más suaves.
- El drenaje está alimentado por mayor cantidad de lagunas.

Márgen Izquierda del Río Rímac (principales tributarios)

- Qda. Carmen (6 Km.)
- Río Blanco (34 Km.)
- Qda. Parac (20 Km.)
- Qda. Viso (9 Km. )
- Qda. Barranco (7Km.)
- Qda. Malala (7 Km. )
- Qda. Verrugas (4 Km.)
- Río Seco (12 Km.)
- Qda. del Pate
- Qda. Cupiche, etc.

Se caracteriza esta red, por su menor densidad, recorrido corto, pendientes muy fuertes ; las quebradas de esta márgen son portadoras de la mayor cantidad de huaycos en el área, activándose principalmente en época de lluvias.

## 4.2 RIO SANTA EULALIA .-

Es el afluente principal del río Rímac, confluyendo aproximadamente a 40 Km. de su desembocadura.

El río Santa Eulalia, nace en el Nevado de Cashpe, en la laguna de Quisha emplazada al pie del glaciar, tiene un recorrido de 66 Km., con una pendiente media de 6.54% y un declive equivalente constante de 6.00%.

La cuenca del Río Rímac, incluida la del Río Santa Eulalia, tiene gran importancia económica y constituye factor importante para el desarrollo de la Gran Lima, que incluye al Callao. La razón es que dentro de su cuenca se ubican 5 centrales hidroeléctricas importantes, que generan en total 484 MW; además sus aguas son el suministro fundamental para el uso doméstico.

## 4.3 PLUVIOMETRIA .-

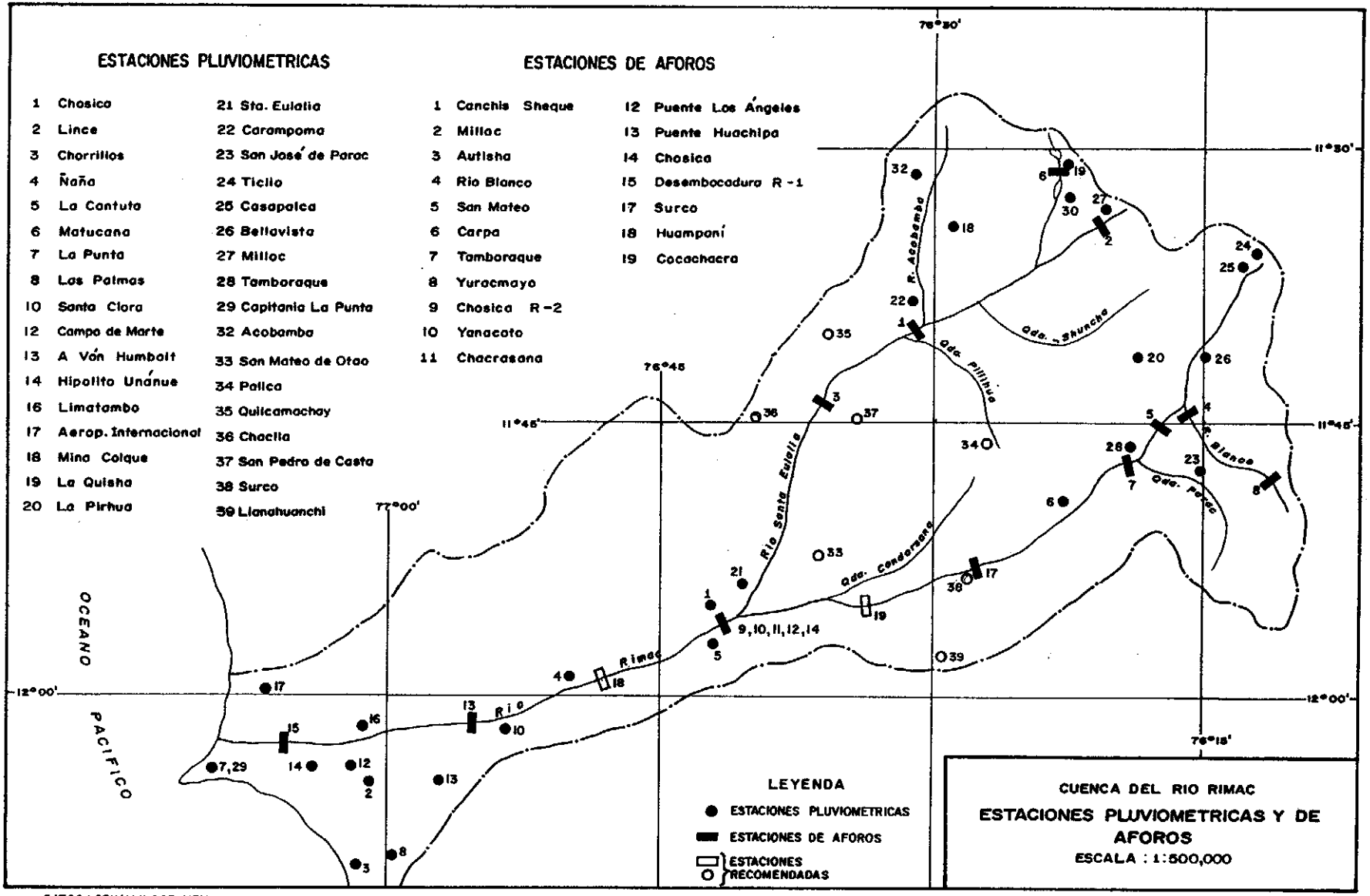
En la cuenca del Río Rímac se tienen registradas 32 estaciones pluviométricas, de las cuales solo 4 tienen registros hasta la actualidad, 8 estaciones hasta 1976, muy pocas hasta el 77-78 y el resto, anteriores a 1970.

De los resultados que se obtienen al analizar la información, se puede concluir que : la intensidad de las lluvias en la cuenca del río - Rímac aumenta desde un promedio anual de 21 mm. en la Costa, a 764 mm en la cuenca alta.

Los promedios anuales de cada estación demuestran en general que hay una relación entre la altitud y la precipitación.

En el Gráfico N°4 se tiene la ubicación de las diferentes estaciones meteorológicas en la cuenca.

El Cuadro N°1, muestra la relación de las principales estaciones pluviométricas en la cuenca del río Rímac.




DATOS : SENAMHI DGE, MEM, EPAN.

Gráfico Nº 4

## CUADRO N° 1

RELACION DE OBSERVATORIOS PLUVIOMETRICOS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

| N° | Estación | Altitud M.s.n.m. | Coordenadas Geográficas | Periodo Años | Prec. prom. anual (mm.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Chosica | 851 | 11° 05' 00" Lat.S<br>76° 42' 00" Long.W | 1947-1955 | 77.9 |
| 2 | Lince | 109 | 12° 05' 00" Lat.S<br>77° 01' 00" Long.W | 1953-1963 | 23.9 |
| 3 | Chorrillos | 37 | 12° 10' 00" Lat.S<br>77° 02' 00" Long.W | 1950-1960 | 20.9 |
| 4 | Ñaña | 566 | 11° 59' 00" Lat.S<br>76° 50' 00" Long.W | 1969-1970 | 7.2 |
| 5 | La Cantuta | 850 | 11° 57' 00" Lat.S<br>76° 42' 00" Long.W | 1973-1976 | 39.2 |
| 6 | Matucana | 2,378 | 11° 50' 00" Lat.S<br>76° 23' 00" Long. | 1964-1980 | 252.4 |
| 7 | La Punta | 13 | 12° 04' 00" Lat.S<br>77° 10' 00" Long.W | 1944-1976 | 9.1 |
| 8 | Las Palmas | 76 | 12° 09' 00" Lat.S.<br>77° 00' 00" Long.W | 1962-1977 | 37.9 |
| 10 | Santa Clara | 415 | 12° 02' 00" Lat.S<br>17° 53' 00" Long.W | | |
| 12 | Campo de Marte. | 137 | 12° 04' 00" Lat.S<br>77° 02' 00" Long.W | 1927-1976 | 15.9 |
| 13 | A Von Humbolt. | 238 | 12° 05' 00" Lat.S<br>76° 57' 00" Long.W | 1930-1976 | |
| 14 | Hipólito Unanue. | 70 | 12° 04' 00" Lat.S<br>77° 04' 00" Long.W | 1968-1976 | 12.5 |
| 16 | Limatambo | 136 | 12° 02' 00" Lat.S<br>77° 01' 00" Long.W | 1949-1963 | 34.3 |
| 17 | Aereopuerto Internacional. | 13 | 12° 00' 00" Lat.S<br>77° 07' 00" Long.W | 1960-1976 | 8.4 |
| 18 | Mina Colque | 4,600 | 11° 35' 00" Lat.S<br>76° 29' 00" Long.W | 1969-1976 | 856.3 |

| N° | Estación | Altitud M.s.n.m. | Coordenadas Geográficas | Periodo Años | Prec. prom. anual (mm.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | La Quisha | 4,650 | 11° 31' 00" Lat.S<br>76° 23' 00" Long.W. | 1968-1980 | 843.8 |
| 20 | La Pirhua | 4,750 | 11° 41' 00" Lat.S<br>76° 19' 00" Long.W. | 1969-1978 | 876.1 |
| 21 | Santa Eulalia. | 1,030 | 11° 54' 00" Lat.S<br>76° 40' 00" Long.W. | 1963-1977 | 87.12 |
| 22 | Carampoma | 3,272 | 11° 39' 00" Lat.S.<br>76° 31' 00" Long.W. | 1965-1980 | 374.0 |
| 23 | San José de Rímac. | 3,800 | 11° 48' 00" Lat.S.<br>76° 15' 00" Long.W. | 1965-1969 | 409.8 |
| 24 | Ticlio | 4,800 | 11° 36' 00" Lat.S.<br>76° 12' 00" Long.W. | 1957-1968 | 702.7 |
| 25 | Casapalca | 4,143 | 11° 37' 00" Lat.S.<br>76° 13' 00" Long.W. | 1947-1980 | 740.7 |
| 26 | Bellavista | 3,950 | 11° 41' 00" Lat.S.<br>76° 16' 00" Long.W. | 1945-1976 | 603.7 |
| 27 | Milloc | 4,400 | 11° 34' 00" Lat.S.<br>76° 21' 00" Long.W. | 1968-1975 | 890.2 |
| 28 | Tamboraque | 3,100 | 11° 47' 00" Lat.S.<br>76° 19' 00" Long.W. | 1970-1973 | 457.3 |
| 29 | Capitania La Punta. | 4 | 12° 04' 00" Lat.S.<br>77° 10' 00" Long.W. | 1942-1947 | 10.6 |
| 32 | Acobamba | 4,200 | 11° 33' 00" Lat.S.<br>76° 31' 00" Long.W. | 1942-1947 | 785.7 |

En el Gráfico N°5 se presentan las precipitaciones anuales registradas en las diferentes estaciones de la cuenca, donde es notorio que desde 1945 a 1980 se presentan 3 picos de máximas precipitaciones y 4 de periodos de precipitaciones bajas.

4.3.1 ANALISIS PLUVIOMETRICOS .-

Para una mejor visión del régimen de precipitaciones en la cuenca se analizan 3 zonas bien definidas (cuenca baja, media y alta), tomando en cuenta las estaciones más representativas y con datos completos.

- Cuenca Baja .- Las estaciones tomadas en cuenta para los análisis son : Lince, Chorrillos, La Punta, Las Palmas, Campo Marte, A. Von Humbolt, Ñaña y Aereopuerto Internacional (Cuadro N°2). Los análisis estadísticos nos dan los siguientes resultados :

| | | |
|---|---|---|
| Precipitación Promedio Anual | : | 21.57 mm. |
| Desviación Standart | : | 12.76 mm. |
| Coeficiente de variación | : | 0.005 mm. |

Aplicando la ley de probabilidades tenemos :

En la Cuenca Baja, las precipitaciones pueden llegar a ser 12 mm mayores o menores que 21 mm. anuales, por lo tanto, tenemos un 50% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 8.8 mm. y 34.3 mm. También hay un 37% de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 12 mm. y 30 mm. al año.

En el Gráfico N°6 presentamos la precipitación mensual, en la cuenca baja, donde es notorio el incremento de la precipitación entre los meses de Junio a Setiembre, notándose en Enero un incremento, producto de las llamadas "lluvias de verano" en la Costa.

- Cuenca Media .- Las estaciones que se han tomado en cuenta son las únicas que se tienen en esta área, éstas son: Santa Eulalia-Carampoma y Matucana (Cuadro N°2). Los análisis estadísticos nos dan los siguientes resultados :

| | | |
|---|---|---|
| Precipitación promedio | : | 237.84 mm. |
| Desviación Standard | : | 143.99 mm. |
| Coeficiente de variación | : | 0.61 mm. |

Aplicando la ley de probabilidades tenemos : las precipitaciones en la cuenca media pueden llegar a ser 143 mm. mayores o menores que 237 mm. anuales, por lo tanto, tendremos un 66% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 93 mm. y 381 mm. anuales. Así como hay un 33% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 141 mm. y 333 mm. al año.

En el Gráfico N°7 se presenta la precipitación mensual en la -

## LLUVIAS ANUALES DESDE 1945–1980 EN 9 ESTACIONES REGISTRADAS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

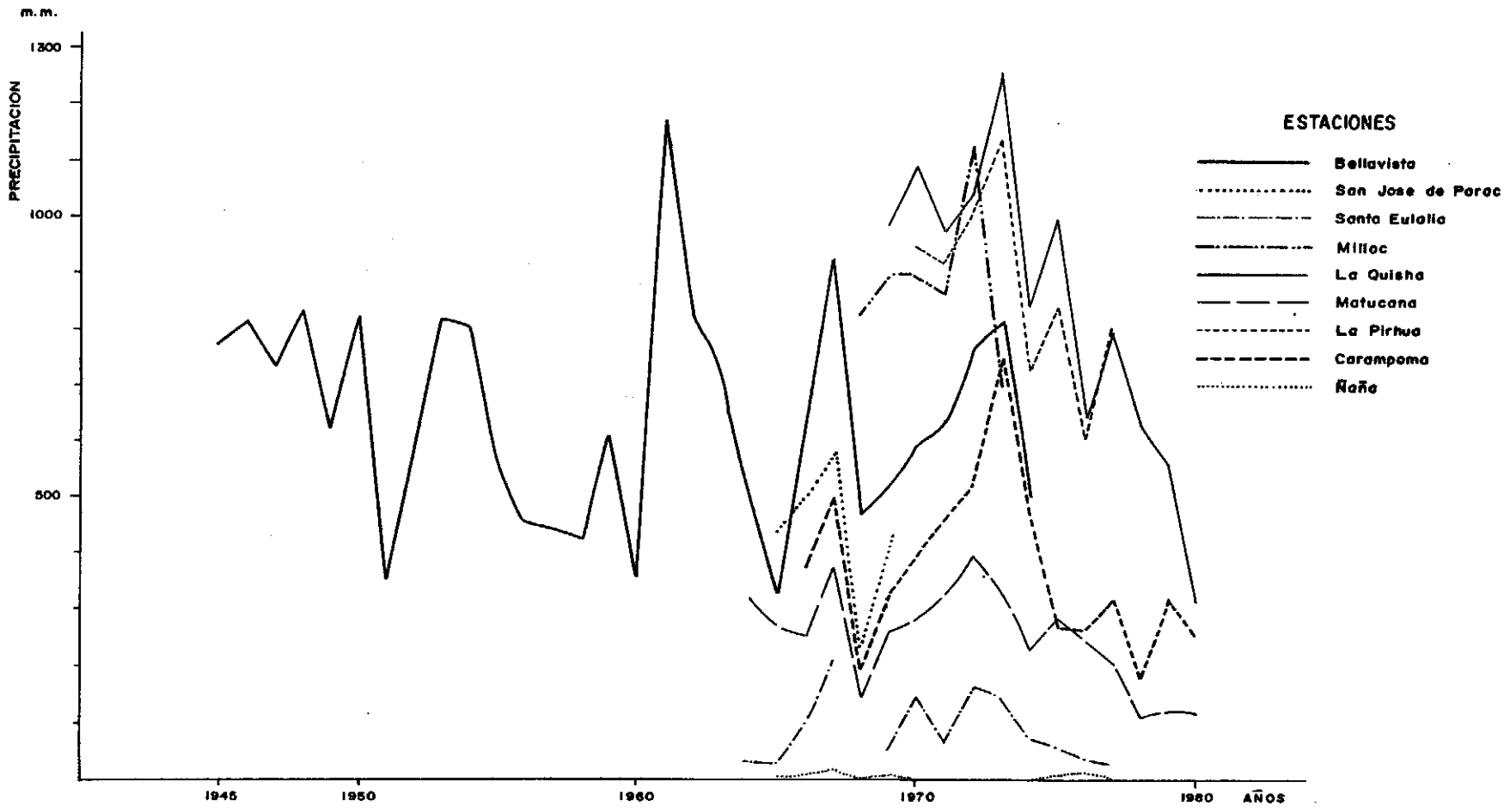



Gráfico N° 5

DATOS : SENAMHI

PRECIPITACION MENSUAL EN LA CUENCA BAJA DEL RIO RIMAC PERIODO

1944 – 1976

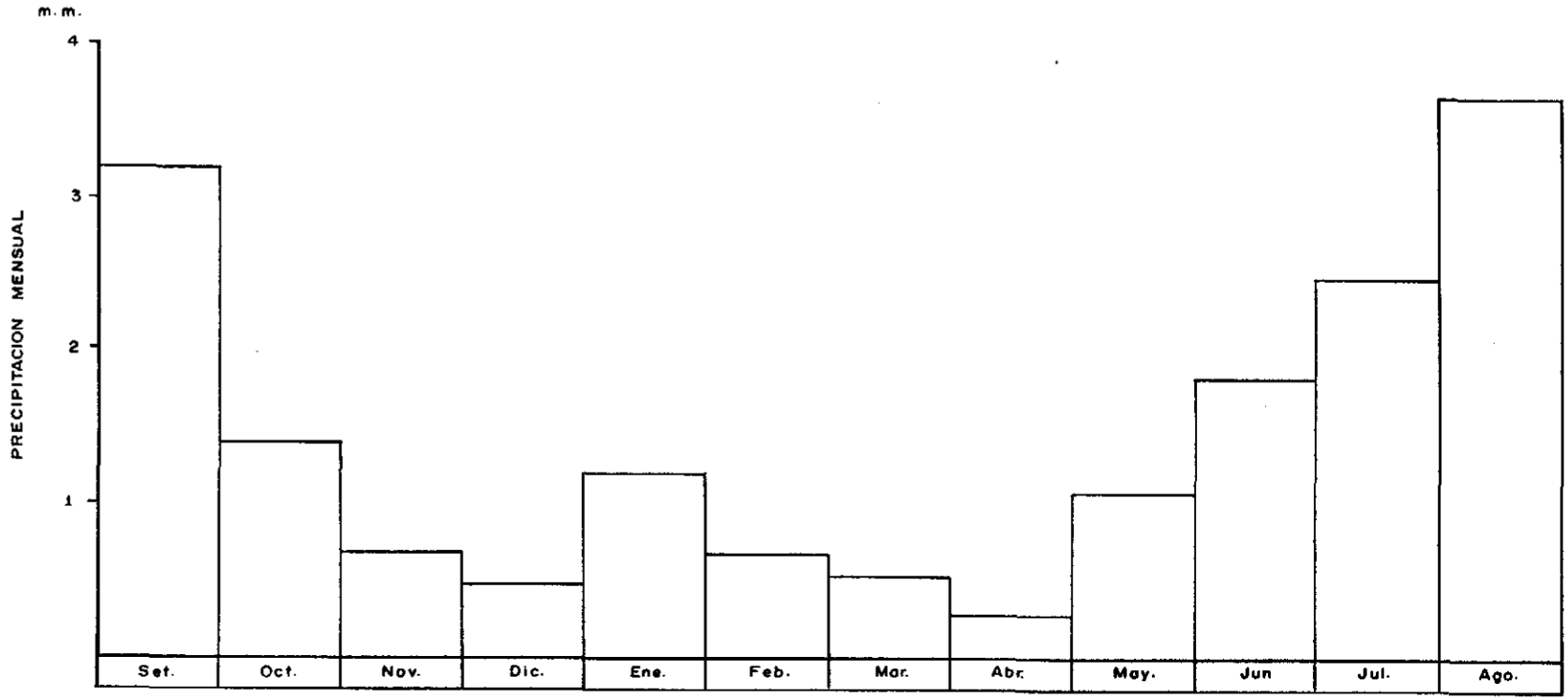



Gráfico N° 6

DATOS: SENAMHI

cuenca media, siendo notorio que las precipitaciones aumentan en los meses de Diciembre a Marzo.

- Cuenca Alta .- En la cuenca alta son 5 las estaciones que se han tomado en cuenta (Gráfico N°7) : La Quisha, Ticlio, Casapalca,- Bellavista y Milloc. Cuadro N°2.

De acuerdo a los análisis estadísticos tenemos :

| | | |
|---|---|---|
| Precipitación promedio | : | 765.4 mm. |
| Desv. Standard | : | 99.6 mm. |
| Coef. de variación | : | 0.13 mm. |

## PRECIPITACION MENSUAL EN LA CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RIO RIMAC
## PERIODO (1947-80)

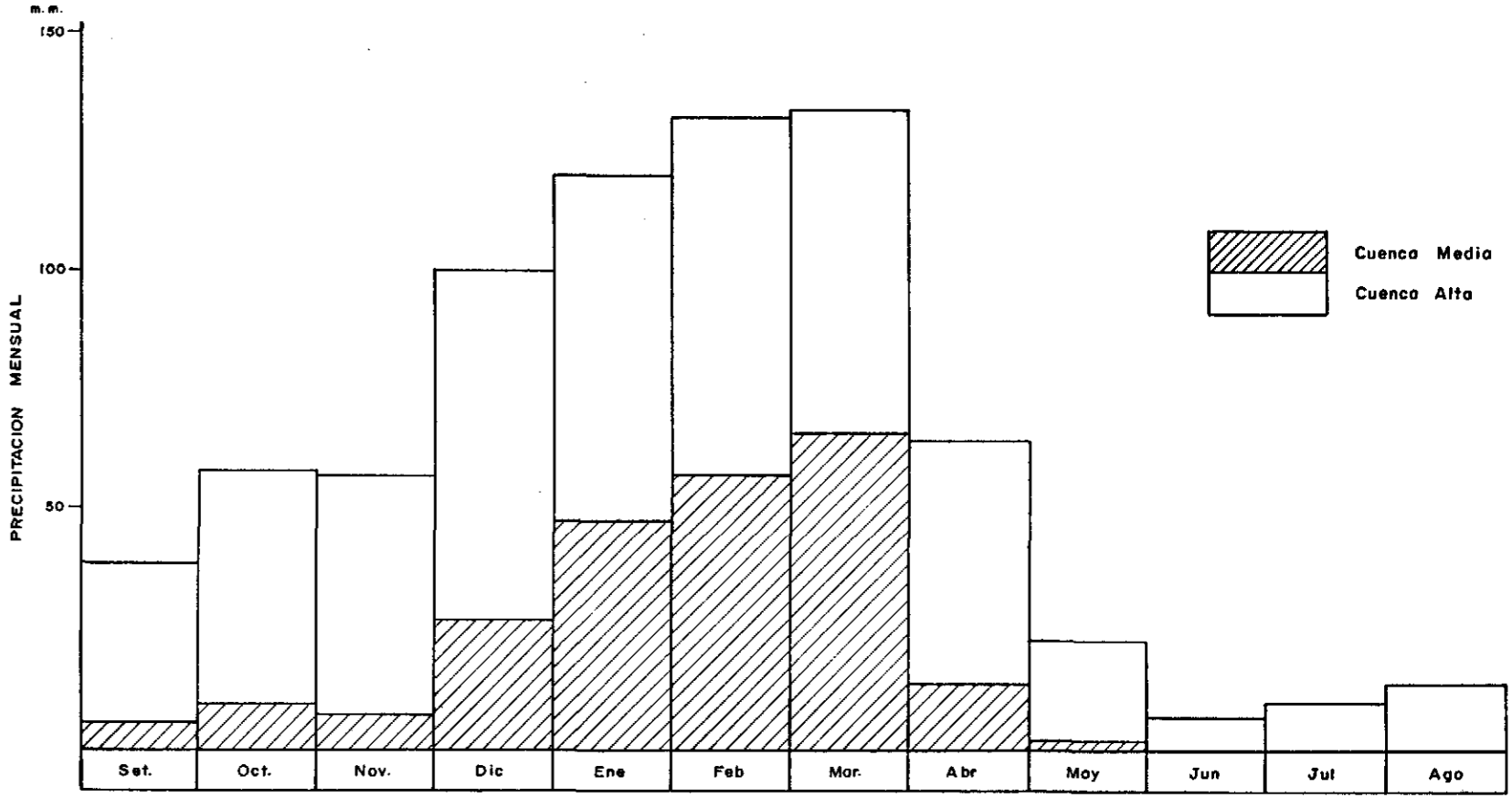



Gráfico N° 7

DATOS: SENAMHI, DGE - MEM - EPHN

## PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

### CUENCA BAJA

CUADRO N° 2

| Estacion | ENERO | FEB. | MARZ. | ABR. | MAY | JUN. | JUL. | AGOST. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | Prom. Anual. | Prec. Máx. | Prec. Min. | Periodo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lince | 0.0 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.9 | 1.7 | 4.7 | 5.5 | 5.7 | 2.5 | 0.9 | 0.2 | 23.9 | 27.3 | 22.0 | 1953/63 |
| Chorrillos | 1.2 | 0.8 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 2.6 | 3.4 | 3.6 | 3.1 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 20.9 | 34.0 | 14.7 | 1950/68 |
| La Punta | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 1.1 | 1.3 | 0.7 | 3.8 | 1.3 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 9.1 | 16.1 | 0.0 | 1944/76 |
| Las Palmas | 3.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1 | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 6.4 | 7.2 | 2.9 | 0.9 | 1.0 | 37.9 | 156.1 | 10.2 | 1962/77 |
| Campo Marte | 1.1 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 2.0 | 3.6 | 4.5 | 5.2 | 4.9 | 2.0 | 1.0 | 0.6 | 25.9 | 59.0 | 3.8 | 1927/76 |
| A. Von Humbolt | 1.1 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 1.5 | 2.5 | 2.6 | 2.9 | 2.1 | 1.0 | 0.6 | 0.6 | 17.4 | 39.3 | 0.9 | 1930/76 |
| Ñaña | 1.4 | 0.7 | 1.4 | 0.08 | 0.06 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 7.2 | 17.2 | 0.6 | 1964/76 |
| Aereopuerto Intern. | 1.1 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.9 | 1.3 | 1.9 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 8.4 | 20.5 | 2.0 | 1961/75 |
| **CUENCA MEDIA** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Santa Eulalia | 19.9 | 19.8 | 39.76 | 0.5 | 0.4- | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 2.25 | 0.68 | 5.15 | 87.12 | 200.1 | 28.5 | 1964/67 |
| Matucana | 47.9 | 61.3 | 67.9 | 15.9 | 2.5 | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 4.5 | 8.5 | 8.7 | 31.8 | 252.4 | 395.6 | 107.2 | 1964/80 |
| Carampoma | 75.9 | 91.3 | 90.06 | 25.1 | 2.6 | 0.4 | 0.1 | 2.0 | 10.7 | 18.0 | 11.9 | 44.9 | 274.0 | 748.8 | 175.8 | 1965/80 |
| **CUENCA ALTA** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| La Quisha | 137.3 | 142.5 | 151.6 | 78.0 | 25.4 | 10.6 | 16.5 | 16.19 | 46.21 | 64. | 57.1 | 99.3 | 843.8 | 1,257 | 311.5 | 1969/80 |
| Ticlio | 94.5 | 121.5 | 100.5 | 57.8 | 29.9 | 7.9 | 10.3 | 17.7 | 39.5 | 66.1 | 53.6 | 87.6 | 702.7 | 895.4 | 592.4 | 1957/68 |
| Casapalca | 114.3 | 139.3 | 128.9 | 56.3 | 23.2 | 7.8 | 6.7 | 10.8 | 37.0 | 54.5 | 62.5 | 94.33 | 940.7 | 1,492.2 | 478.2 | 1947/80 |
| Bellavista | 120.14 | 130.8 | 128.2 | 48.2 | 15.6 | 2.98 | 2.5 | 4.5 | 20.6 | 39.81 | 52.82 | 84.3 | 649.4 | 1,172.8 | 204.2 | 1945/76 |
| Milloc | 134.9 | 128.4 | 159.1 | 82.2 | 19.5 | 3.3 | 12.5 | 15.4 | 52.3 | 70.3 | 63.7 | 136.1 | 890.2 | 1,124.2 | 717.7 | 1968/75 |

Después de los análisis estadísticos, aplicaremos la ley de probabilidades, cuyos resultados son los siguientes :

En la cuenca alta las precipitaciones pueden llegar a ser 99.6 mm. mayores o menores que 765.36 mm. anuales; entonces, tendremos un 60% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 665 y 865 mm. anuales; como también un 40% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 689 mm. y 831 mm. anuales.

En el gráfico N°7 se presenta la precipitación mensual en la cuenca alta, donde el incremento de precipitación se dá de Diciembre a Marzo.

4.3.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS .-

De los datos obtenidos podemos calcular aproximadamente la precipitación promedio de la cuenca, que es de 506 mm. anuales. Deduciendo aproximadamente que en la cuenca del Río Rímac hay un 66% de probabilidades que se produzcan precipitaciones entre 177 y 836 mm anuales.

4.3.3 VOLUMEN ESCURRIDO MEDIO ANUAL .-

Si la intensidad de las lluvias es mayor que la intensidad de infiltración, una parte de las precipitaciones se queda sobre la superficie y discurre en dirección del declive de la pendiente, formando una capa más o menos contínua, concentrándose en pequeños canalitos o surcos de terreno, reuniéndose para formar luego arroyos y ríos. Cuando la intensidad de precipitación es mucho mayor el agua que resbala por la pendiente, lleva consigo el material de ésta, formándose luego en la quebrada principal los fenómenos conocidos como huaycos.

El escurrimiento superficial depende de muchos factores : clima (precipitaciones, intensidad, duración, humedad del suelo, etc.) y condiciones propias de la cuenca (uso del suelo, pedología, geología, área y forma de la cuenca, pendiente, orientación de declives drenaje natural y artificial de la cuenca). El estudio del escurrimiento superficial está íntimamente relacionado al estudio de los parámetros geomorfológicos.

El escurrimiento superficial representa uno de los datos básicos para el diseño de obras hidráulicas.

Los cálculos del escurrimiento superficial son dados a nivel de aproximación.

- En la Cuenca del río Rímac

$$V_M = A \times P_m \times C$$

$V_m$ = Volumen medio anual escurrido, $m^3$

A = Area de la cuenca $m^2$

$P_m$ = Precipitación media anual en metros

C = Coeficiente de escurrimiento

datos :

A = 3,398 $Km^2$ = 3,398'000,000 $m^2$

$P_m$ = 506 mm. = 0.506 m.

Cálculo del Coeficiente de Escurrimiento, por el método de comparación (Diseño de Presas de tierra y Mecánica de Suelos-CID - ATA-CLASS) :

| | | |
|---|---|---|
| Por la extensión | 5% | |
| Por la precipitación | 5% | a 17% |
| Por la vegetación | 42% | |

$V_m$ = 3,398'000,000 $m^2$ x 0.506 m x 0.173

$V_M$ + 297'454,124 $m^3$

El volúmen escurrido medio anual aproximado en la cuenca del - Río Rímac, es de 297 millones de $m^3$.

- Sub-Cuencas

Río Santa Eulalia : Tomando como base la estación de aforos - de Autisha.

Datos :

A = 828 $Km^2$

$P_m$ = 671 mm.

C = 0.43

$V_m$ = 238'902,840 $m^3$

El volúmen escurrido medio anual en la cuenca del río Santa Eulalia hasta la estación de aforos de Autisha, es de 238 millones de $m^3$.

Río Seco :

Datos :

$A = 52\ Km^2$
$P_m = 150\ mm.$
$C = 0.24$
$V_m = 1'872,000\ m^3$

En cuenca del río Seco el volúmen escurrido media anual es de - 1.8 millones de $m^3$.

Río Blanco :

Datos :

$A = 258\ Km^2$
$P_m = 690\ mm.$
$C = 0.58$
$V_M = 103'251,600\ m^3$

En el río Blanco el volúmen escurrido es de 103 millones de $m^3$.

Qda. Pancha :

Datos :

$A = 70.5\ Km^2$
$P_m = 600\ mm.$
$C = 0.18$
$V_M = 7'614,000\ m^3$

En la cuenca de la Qda. Pancha el volúmen medio escurrido es de 7.6 millones de $m^3$.

Qda. Esperanza :

Datos :

$A = 4.5\ Km^2$
$P_m = 100\ mm.$
$C = 0.25$
$V_m = 112,500\ m^3$

En la Qda. Esperanza el volúmen escurrido medio anual es de - 112,500 $m^3$.

### 4.3.4 ISOYETAS DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC .-

Se presenta las isoyetas medias, máximas y mínimas aproximados, de acuerdo a los datos proporcionados por el SENAMHI y DGE-MEM-EPHN, Atlas Hidrológico Vol. IV-V-VII. Gráficos N°8-9 y 10.

### 4.3.5 FRECUENCIAS MEDIAS ANUALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES Y MENSUALES .-

Para elaborar estas curvas se ha usado el denominado Método Gráfico, donde cada registro de descarga es usado como probabilidad. Los valores se han hallado con la fórmula usada por la Geological Survey de los EE.UU., para la disposición del graficado o de dibujo.

$$T = \frac{N + 1}{M} = \frac{1}{P}$$

T = intervalo de recurrencia en años o meses
P = probabilidad de excedencia en cualquier año o mes.
N = número de resgistros que se calculan
M = número de orden del registro dispuesto

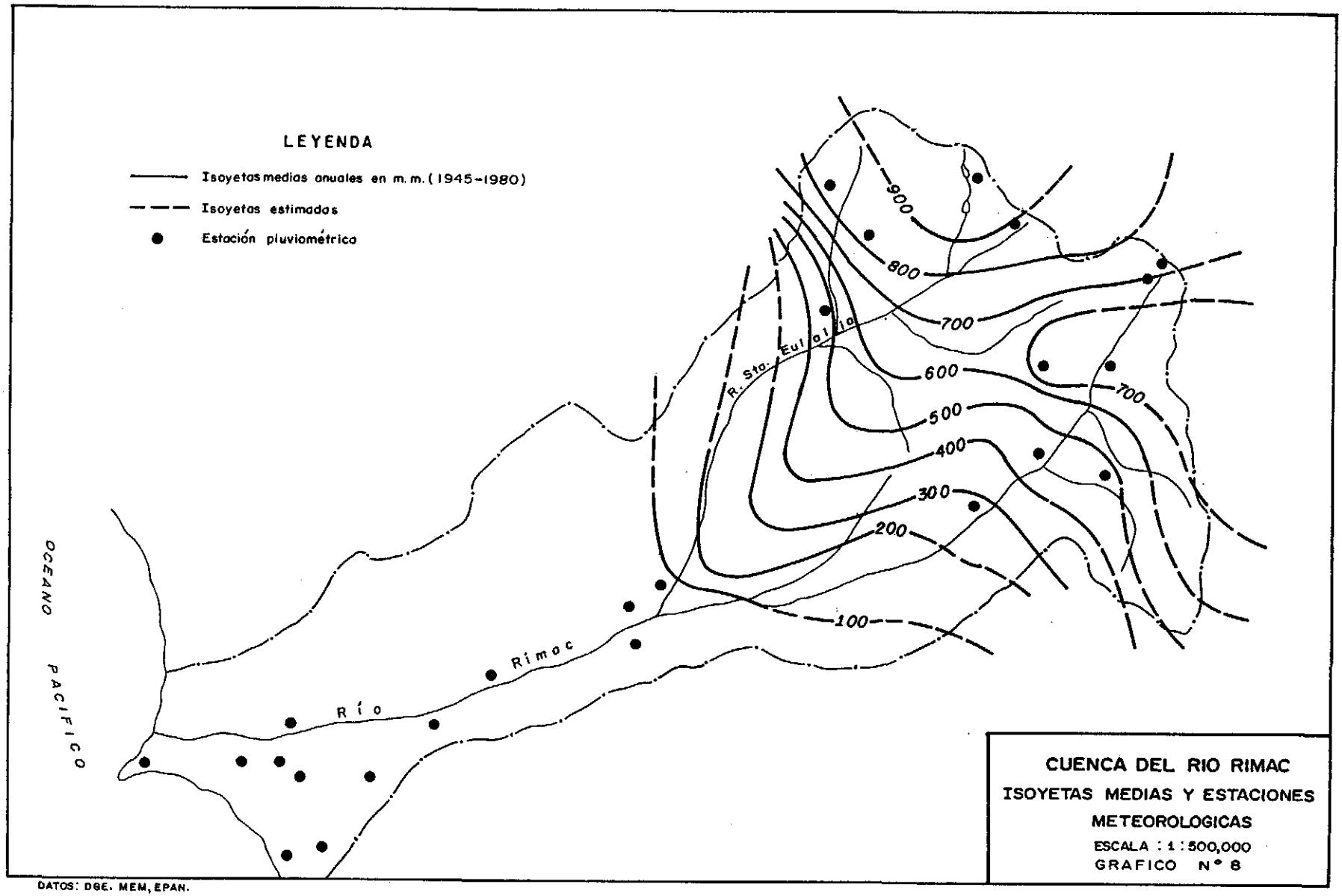
Para estos cálculos se usaron los datos de las precipitaciones medias, mensuales y anuales, de las estaciones de : Campo de Marte-Santa Eulalia, Matucana y La Quisha; ubicadas en la cuenca baja,-media y alta, respectivamente.

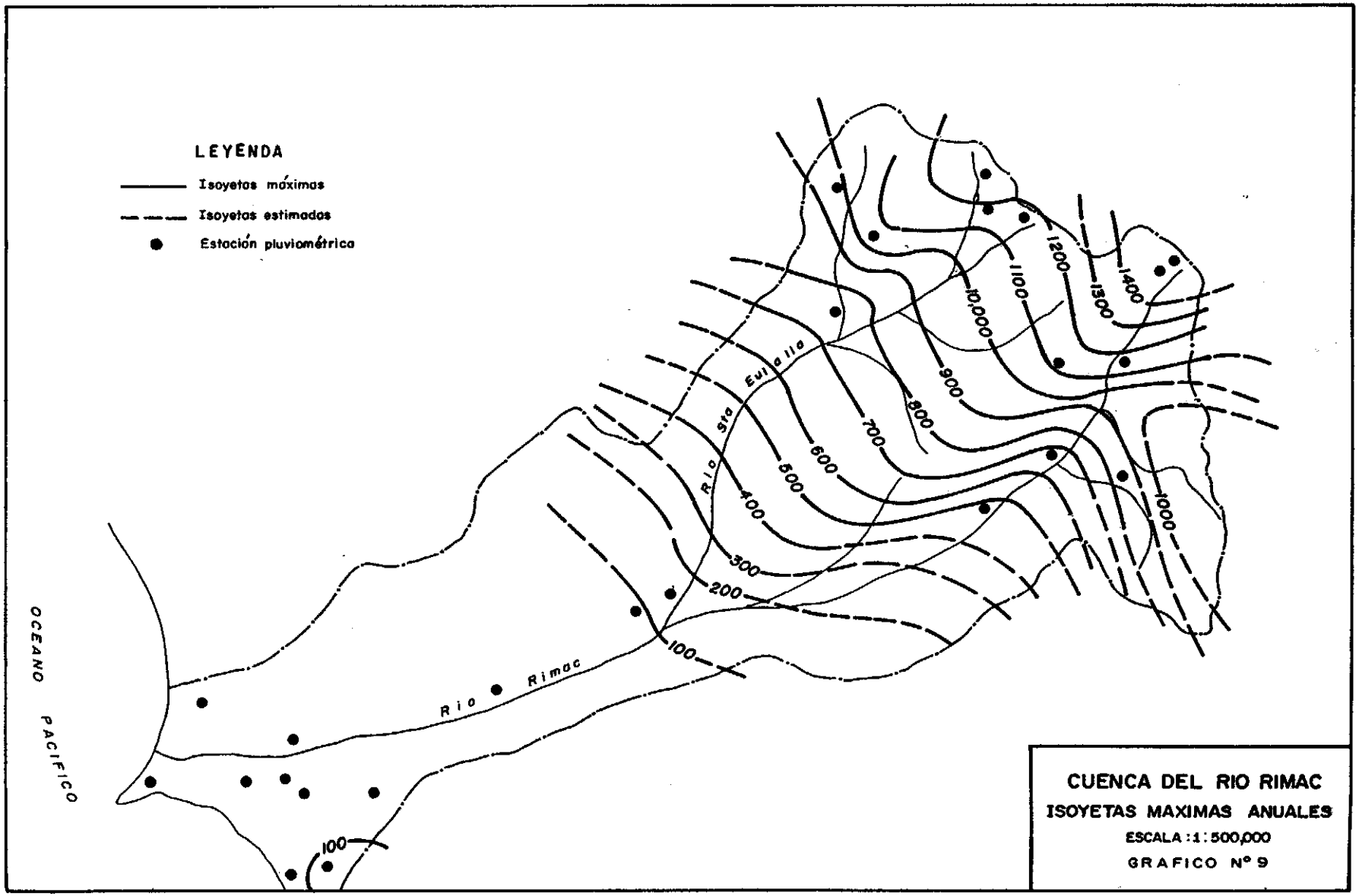
Estación de Campo de Marte .- En el gráfico N°11 se ha representado sobre el papel logarítmico los meses con valores de precipitación y T.
La curva ajustada representa la interdependencia del total de las precipitaciones y la frecuencia en que se presentan. Así se puede establecer, por ejemplo que es teoricamente probable que una precipitación total anual de 6.5 mm. se presente anualmente ; que uno de 25.5 mm. se presente cada 2 años y que uno de 59.9 mm. cada 50 años. La mayor precipitación anual se dió en el año de 1941.

Estación de Santa Eulalia .- En el gráfico N°12 se presenta las frecuencias medias, tanto anuales como mensuales, de esta estación. El graficado nos señala claramente la presencia de grupos de meses; diferenciándose los meses de aridez (Junio, Julio, Agosto).

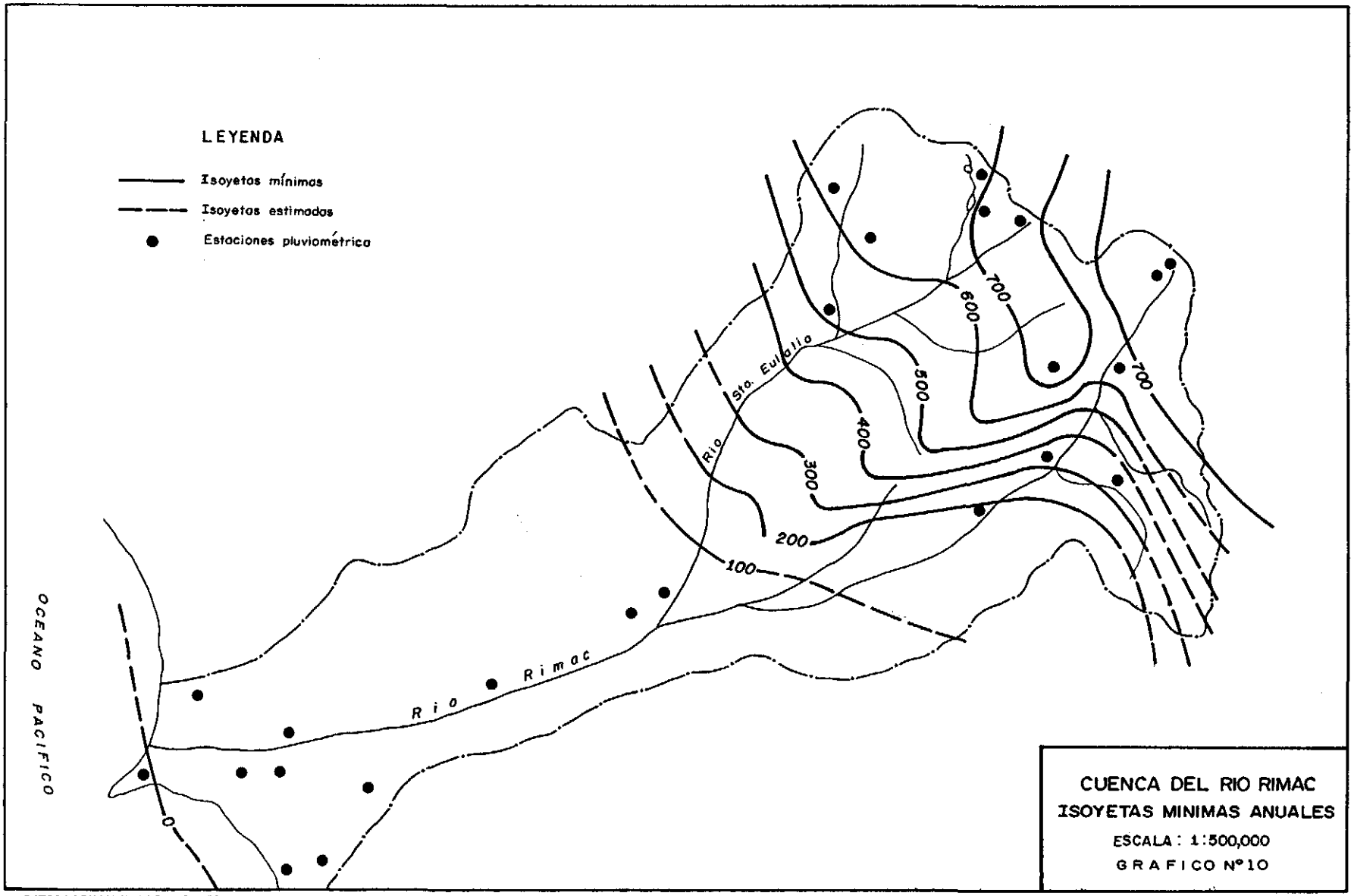
Es teóricamente probable que una precipitación total de 28.00 m.m. anuales se presente cada año; así como una de 142.00 m.m. anuales se presente cada 5 años y uno de 212.00 mm. se presente cada 20 años.
La mayor precipitación anual se dió en 1967.

Estación de Matucana .- En el gráfico N°13 se presentan las fre-


LEYENDA
Isoyetas medias anuales en m.m. (1945-1980)
Isoyetas estimadas
Estación pluviométrica
900
800
700
600
500
400
300
200
100
700
R. Sto. Eulalia
Río Rimac
OCEANO PACIFICO
CUENCA DEL RIO RIMAC
ISOYETAS MEDIAS Y ESTACIONES METEOROLOGICAS
ESCALA : 1 : 500,000
GRAFICO N° 8
DATOS: DGE. MEM, EPAN.

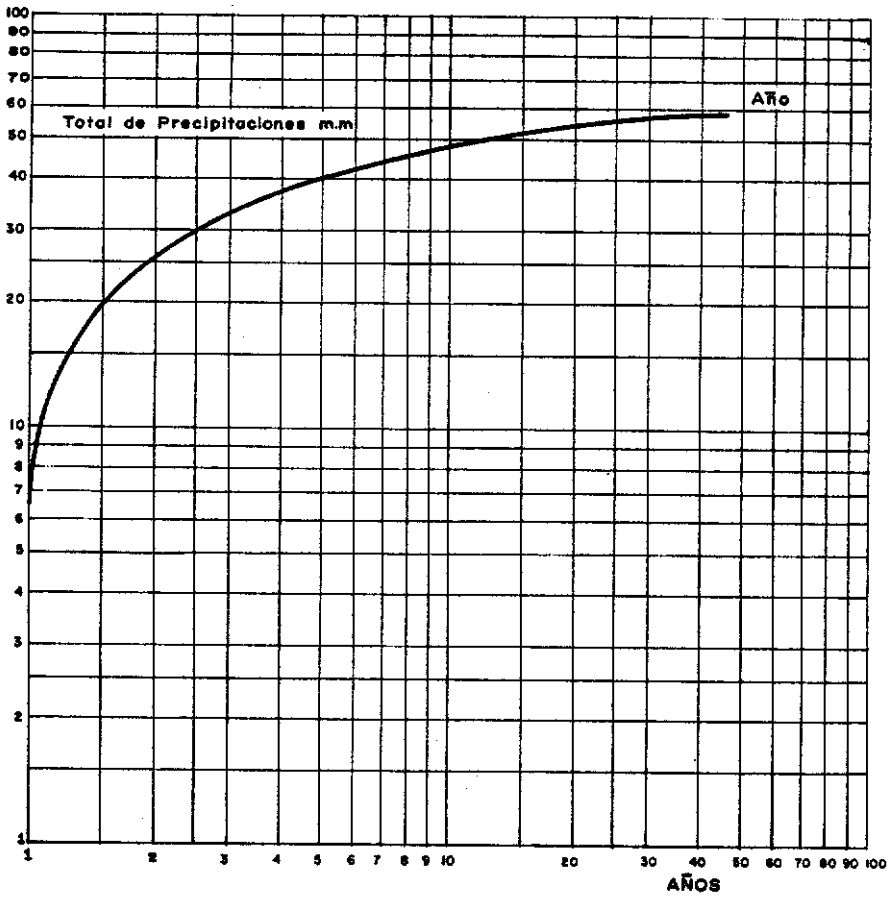



DATOS : SENAMHI DGE, MEM, EPAN.




DATOS : SENAMHI DGE, MEM, EPHN.

## FRECUENCIA MEDIA ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN LA ESTACION DEL CAMPO DE MARTE ( Lima ) EN PERIODO 1927 – 1976

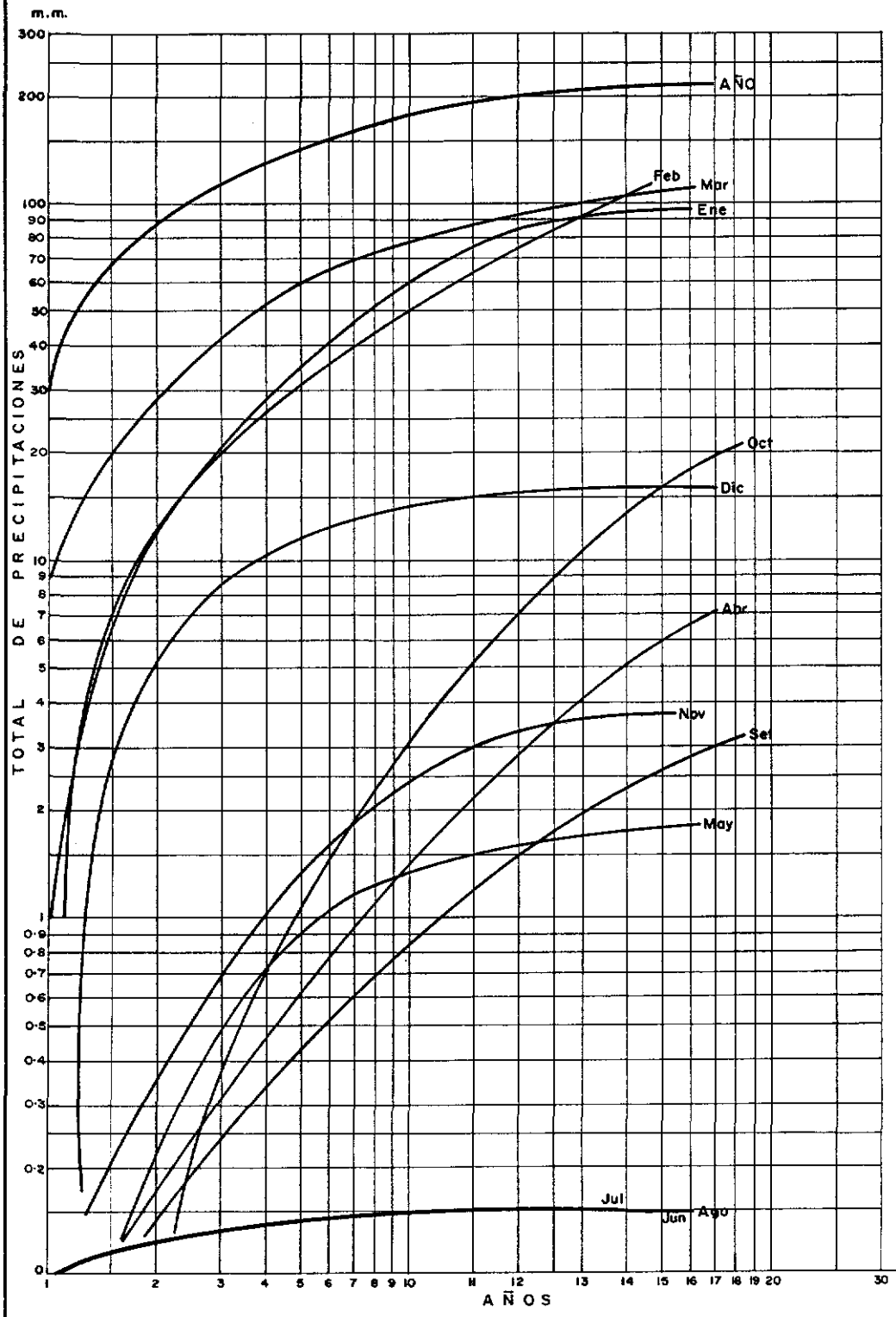



| FRECUENCIA Cada año | m.m. |
|---|---|
| 2 | 25.5 |
| 3 | 33.1 |
| 5 | 40.0 |
| 10 | 48.0 |
| 20 | 52.1 |
| 50 | 59.9 |

GRAFICO N°11

DATOS : SENAMHI DGE-MEM-EPHN

**Frecuencias medias anuales de las precipitaciones anuales y mensuales en la Estación Meteorológica Santa Eulalia periódo 1963-1977.**




| Frecuencia (Años) | m.m. |
|---|---|
| Cada: 1 | 28.00 |
| 2 | 86.00 |
| 5 | 142.00 |
| 10 | 174.00 |
| 20 | 212.00 |

Datos : SENAMHI, DGE-MEM, EPHN.

GRAFICO N°12

cuencias medias, tanto anuales como mensuales, de la estación pluviométrica de Matucana. En esta estación es teoricamente probable que se presente cada año una precipitación de 110 mm. con lluvias excepcionales de 390 mm. cada 10 años y 420 mm. cada 20 años. La mayor precipitación anual se dió, en el año de 1972, siendo Marzo el mes de mayor precipitación.

Estación de Casapalca .- En el gráfico N°14 se presenta las frecuencias medias anuales, tanto anuales como mensuales de la estación pluviométrica de Casapalca. Es teóricamente probable que en esta estación se presente una precipitación de 478 mm. anuales, con lluvias excepcionales de 1,020 mm. cada 10 años y 1290 cada 20 años. La mayor precipitación anual, se dió en Mayo de 1951.

## 4.4 REGISTRO DE CAUDALES .-

### 4.4.1 En el Río Rímac

El Río Rímac presenta un régimen irregular, de carácter torrentoso y está principalmente determinado por el proceso anual de precipitaciones. En el gráfico N°4 se tiene la ubicación de las estaciones de aforo de la cuenca.

Por información estadística, para la estación de aforos en el sector de Chosica, se tiene :
La descarga máxima histórica fue de 480 $m^3$/seg. La media anual es de 28.54 $m^3$/seg. equivalente a una descarga media anual de 900'150,000 $m^3$.

El Río Rímac muestra mayor concentración de descargas totales en los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril, siendo Marzo el mes de la mayor concentración de descarga con 73.89 $m^3$/seg. En el mes de Agosto se registra las descarga más baja del año (promedio 12.85 $m^3$/seg.)

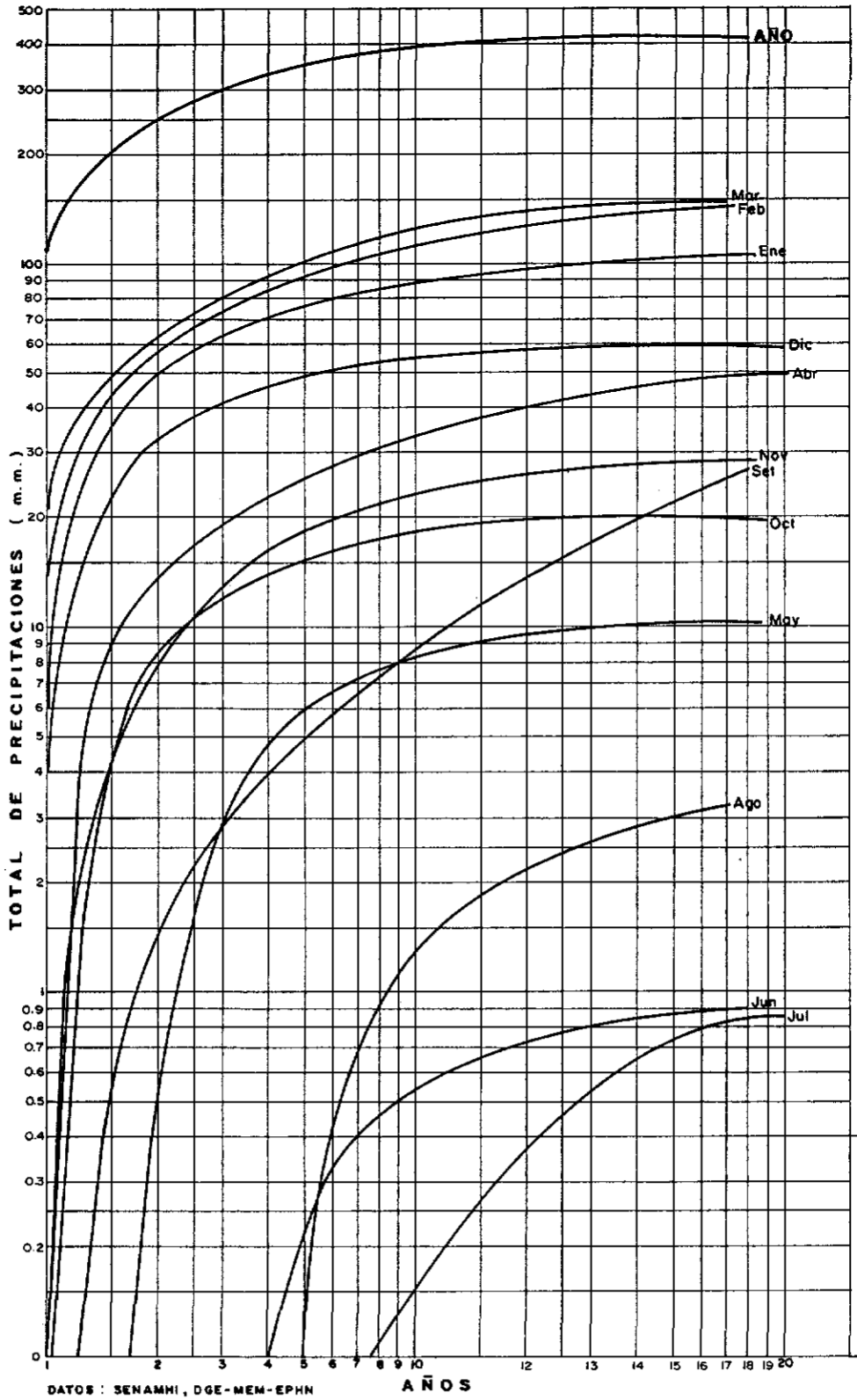
En el río Rímac se localizan 3 estaciones hidrométricas en actividad : la de Chosica, con datos agrupados desde 1921-1980; la de Surco, con datos desde 1956-1977 y la estación de San Mateo, con datos desde 1968-1978.

Es necesario recalcar que desde el año de 1964 el río está recibiendo el aporte de las aguas de derivación de la laguna de Marcapomacocha ubicada en la cuenca del río Mantaro.

- Estación de aforos de Chosica .- Esta estación está ubicada en la ciudad de Chosica de 870 m.s.n.m., con un área de captación de 2,370 $Km^2$, en las coordenadas 11° 56' 00" latitud sur y 76° 42' 00" de longitud oeste. Los datos consignados en el acápite son hallados en esta estación.

  En el cuadro (3) se presentan los resultados de los análisis estadísticos de los datos.

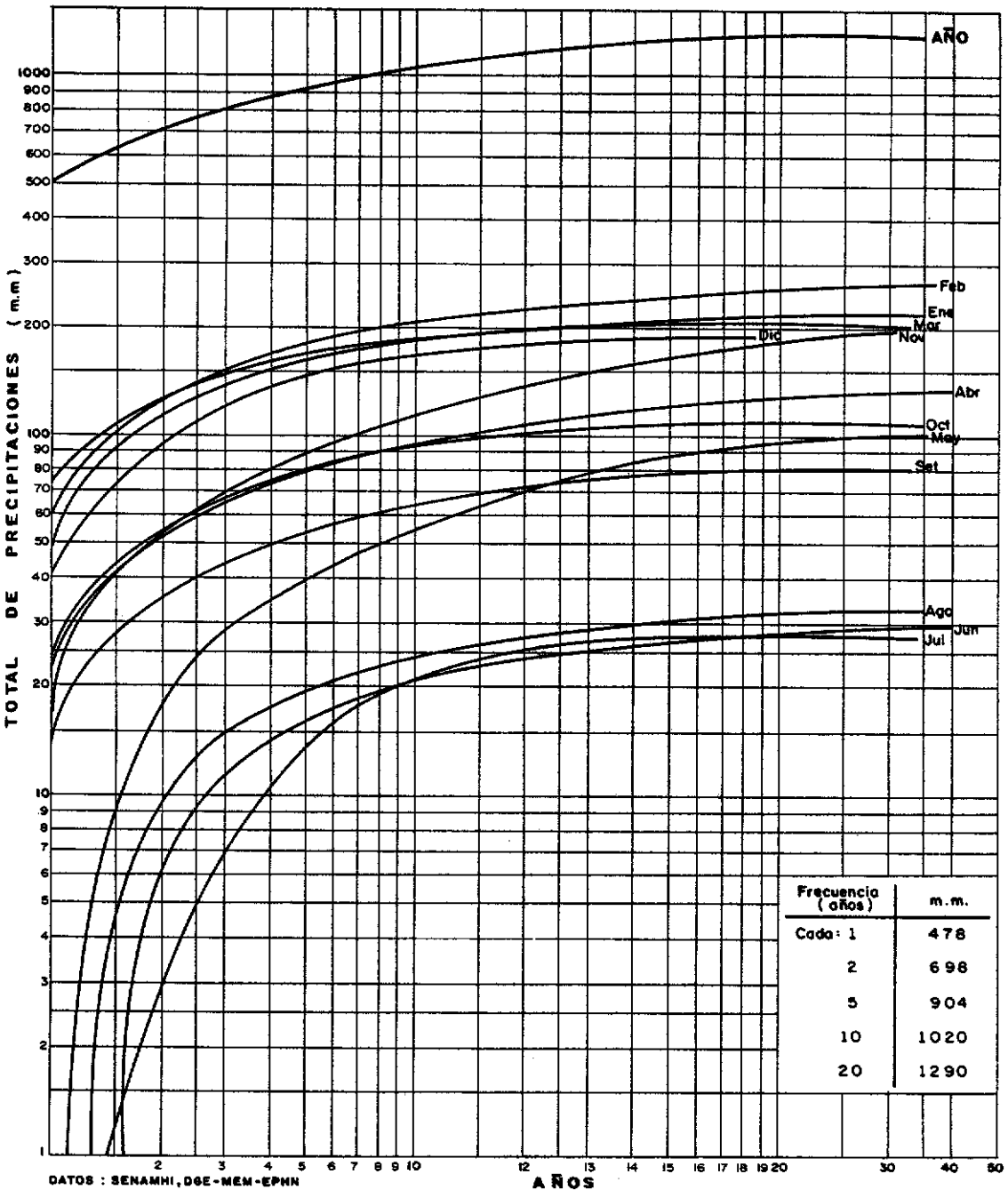
FRECUENCIAS MEDIAS ANUALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES Y MENSUALES EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE MATUCANA – PERIODO 1964 - 1980.




| Frecuencia (años) | m.m. |
|---|---|
| Cada : 1 | 110 |
| 2 | 260 |
| 5 | 342 |
| 10 | 390 |
| 20 | 420 |

GRAFICO Nº 13

**FRECUENCIAS MEDIAS ANUALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES Y MENSUALES EN LA ESTACION PLUVIOMETRICA DE CASAPALCA – PERIODO 1947-1980.**




| Frecuencia (años) | m.m. |
|---|---|
| Cada: 1 | 478 |
| 2 | 698 |
| 5 | 904 |
| 10 | 1020 |
| 20 | 1290 |

DATOS : SENAMHI, DGE-MEM-EPHN

GRAFICO N°14

**ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE CHOSICA - PERIODO 1920 - 1980**

CUADRO N° 3

| MES | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | ENERO | FEB. | MARZO | ABR. | MAYO | JUNIO | JUL. | AGOST. | ANUAL | VOLUMEN MILLONES DE $M^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Máximo | 21.55 | 23.96 | 29.93 | 43.18 | 85.61 | 136.11 | 145.67 | 73.88 | 32.83 | 23.63 | 21.32 | 22.27 | 39.22 | 1,236.84 |
| * Mínimo | 9.55 | 10.46 | 11.39 | 11.60 | 12.20 | 22.44 | 31.40 | 16.93 | 12.32 | 6.95 | 6.74 | 7.62 | 18.22 | 574.51 |
| * Promedio | 13.82 | 14.40 | 16.21 | 22.77 | 38.11 | 59.89 | 73.89 | 39.70 | 21.44 | 13.28 | 13.06 | 12.85 | 28.54 | 900.15 |
| Desv. est. | 21.31 | 2.66 | 4.02 | 7.96 | 14.86 | 29.39 | 27.10 | 12.05 | 5.49 | 2.89 | 3.05 | 2.82 | 5.38 | 169.60 |
| Coef. Var. | 0.17 | 0.19 | 0.25 | 0.35 | 0.39 | 0.41 | 0.37 | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 0.19 | 0.19 |
| Rango | 12.00 | 13.50 | 24.7 | 31.58 | 73.41 | 113.67 | 114.27 | 56.95 | 20.51 | 16.68 | 14.50 | 14.65 | 21.00 | 662.25 |

**ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE SURCO. PERIODO 1956-1977**

**C U A D R O N° 4**

| MES | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | ENERO | FEB. | MARZO | ABR. | MAYO | JUNIO | JUL. | AGOST. | ANUAL | VOLUMEN MILLONES DE $M^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Máximo | 5.70 | 6.10 | 7.20 | 8.10 | 9.60 | 14.80 | 19.90 | 12.10 | 9.40 | 6.90 | 5.80 | 5.60 | 24.70 | 331.12 |
| * Mínimo | 9.10 | 11.20 | 11.60 | 25.39 | 44.90 | 56.45 | 61.02 | 47.01 | 22.83 | 11.52 | 9.80 | 8.00 | 10.54 | 778.93 |
| * Promedio | 7.01 | 8.11 | 9.20 | 23.72 | 20.92 | 30.65 | 35.41 | 22.61 | 12.85 | 9.26 | 7.60 | 6.79 | 15.50 | 484.31 |
| Dest. est. | 1.00 | 1.41 | 1.35 | 4.91 | 9.67 | 10.76 | 11.24 | 9.37 | 2.97 | 1.45 | 1.10 | 0.80 | 3.49 | 109.085 |
| Coef. Var. | 0.14 | 0.17 | 0.15 | 0.36 | 0.46 | 0.35 | 0.32 | 0.41 | 0.23 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.22 | 0.22 |
| Rango | 3.40 | 5.10 | 4.40 | 17.29 | 35.3 | 41.65 | 41.12 | 34.91 | 13.43 | 4.62 | 4.00 | 2.40 | 14.16 | 447.81 |

* $M^3$/seg.

Aplicando la ley de probabilidades en la estación de Chosica, que viene a representar la estación principal de la cuenca, tenemos :

Que hay un 62% de probabilidades de que el Río Rímac afore descargas entre 23.16 y 33.92 $m^3$/seg., así como también un 48% de posibilidades de aforos entre 24.88 y 32.14 $m^3$/seg.

En el gráfico N°15 se representan las descargas medias mensuales del río Rímac en la estación de Chosica. De las descargas máximas y mínimas solo se tienen datos a partir de 1968 (Gráfico N°16)

El volúmen máximo aforado fue de 1,236.84 Millones de $M^3$ registrado en el año humedo 1971-1972; y la mínima registrada fue de 574.59 Millones de $m^3$ en el año húmedo de 1957-1958 (Gráfico N°17)

- Estación de Aforos de Surco .- Estación ubicada en la localidad de Surco, a 1,990 m.s.n.m., con un área de captación de 849 $Km^2$, teniendo como coordenadas 12° 01'00" Lat. Sur y 76°54'00"Longitud Oeste.

En el cuadro N°4 presentamos los resultados de los análisis estadísticos de los datos obtenidos.
Utilizando la ley de probabilidades en la estación de Surco tenemos :

En esta estación hay un 80% de probabilidades de que se presenten descargas anuales, entre 12 y 19 $m^3$/seg., así como 45% de posibilidades de que se presenten descargas entre 13 y 17.5 $m^3$/seg.

La descarga máxima aforada fue de 120 $m^3$/seg., siendo la media de 15.50 $m^3$/seg. El volumen promedio es de 484.313 millones de $m^3$, siendo la máxima de 778.939 millones de $m^3$ (1972-1973) y la mínima 331.128 millones de $m^3$ (1956-1977) Gráfico N°18. Las descargas medias mensuales se presentan en el gráfico N°19.

- Estación de Aforos de San Mateo .- Esta estación está ubicada en el pueblo de San Mateo a 3,200 m.s.n.m. con un área de captación de 422 $Km^2$, teniendo como coordenadas : 11° 46'00" Lat. Sur y 76° 18'00" Long. Oeste.

En el cuadro N°5 presentamos los resultados de los análisis estadísticos de los datos :

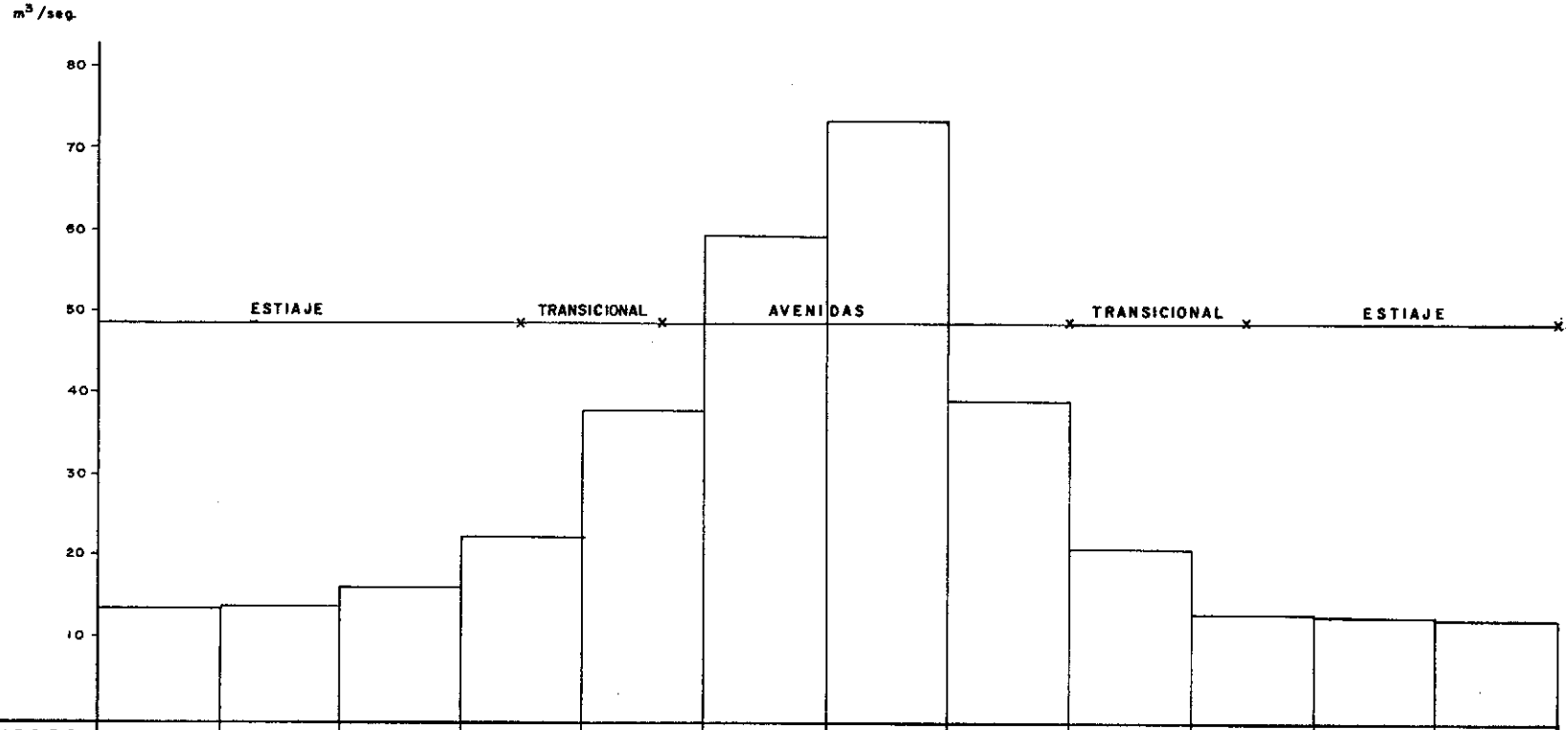
Según la ley de probabilidades en la estación de aforos de San Mateo tenemos :

Hay un 70% de probabilidades que se presenten descargas anuales entre 11.6 y 13.6 $m^3$/seg., así como también un 50% de probabilidades de que se presenten descargas entre 11.9 y 13.3 $m^3$/seg.

Las descargas medias mensuales se presentan en el Gráfico N°20 en el periodo de 1968-1978. La descarga máxima captada fue de 44.20 $m^3$/seg. es el año de 1973, la mínima fue de 3.80 $m^3$/seg. en el año de 1974; siendo la media anual de 12.60 $m^3$/seg. (Gráfico N°21). Así tenemos que el volúmen promedio es de 397 millones de $m^3$, siendo el máximo de 446.549 millones de $m^3$ (1975-1976) y el mínimo de 361.400 al año de (1974/1975). Gráfico N°21.

## DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO RIMAC

### ESTACION DE AFOROS SECTOR CHOSICA – PERIODO 1921–1980



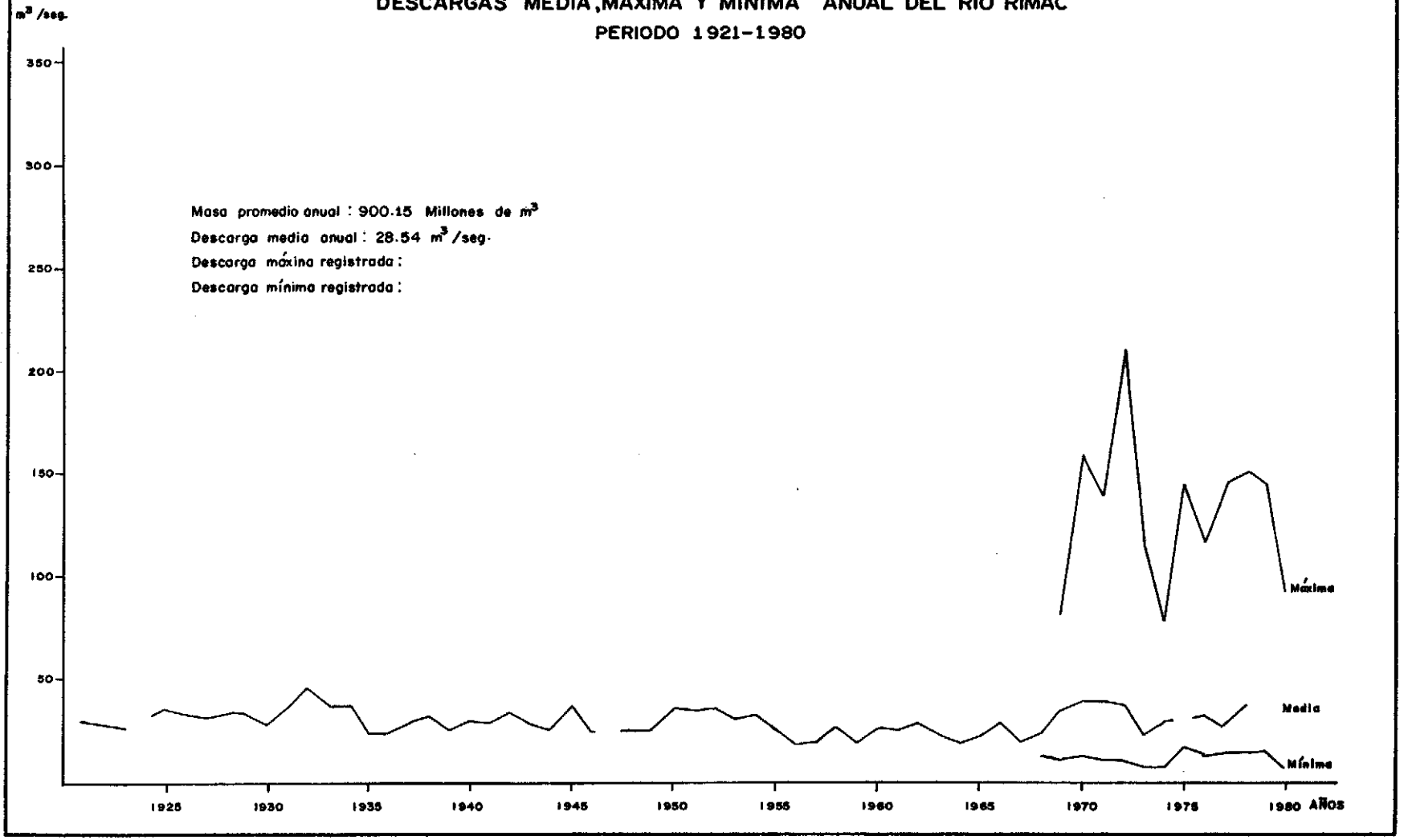

| MESES | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * MASA $m^3$ | 35·82 | 38·56 | 42·22 | 60·98 | 102·34 | 144·88 | 197·90 | 102·90 | 57·42 | 34·42 | 34·97 | 34·41 |
| PROMEDIO $m^3/s$ | 13·82 | 14·40 | 20·07 | 22·77 | 38·21 | 59·89 | 73·89 | 39·70 | 21·44 | 13·28 | 13·06 | 12·85 |

* EN MILLONES DE $m^3$

GRAFICO N° 15

DATOS: SENAMHI, MEM – DGE – ATLAS DE HIDROLOGIA

## DESCARGAS MEDIA, MAXIMA Y MINIMA ANUAL DEL RIO RIMAC
### PERIODO 1921-1980




DATOS : SENAMHI MEM-DGE-EPHE-EST. DE AFOROS: SECTOR CHOSICA

GRAFICO Nº 16

## VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGAS DEL RIO RIMAC

### ESTACION DE AFOROS SECTOR CHOSICA – PERIODO 1921–1980

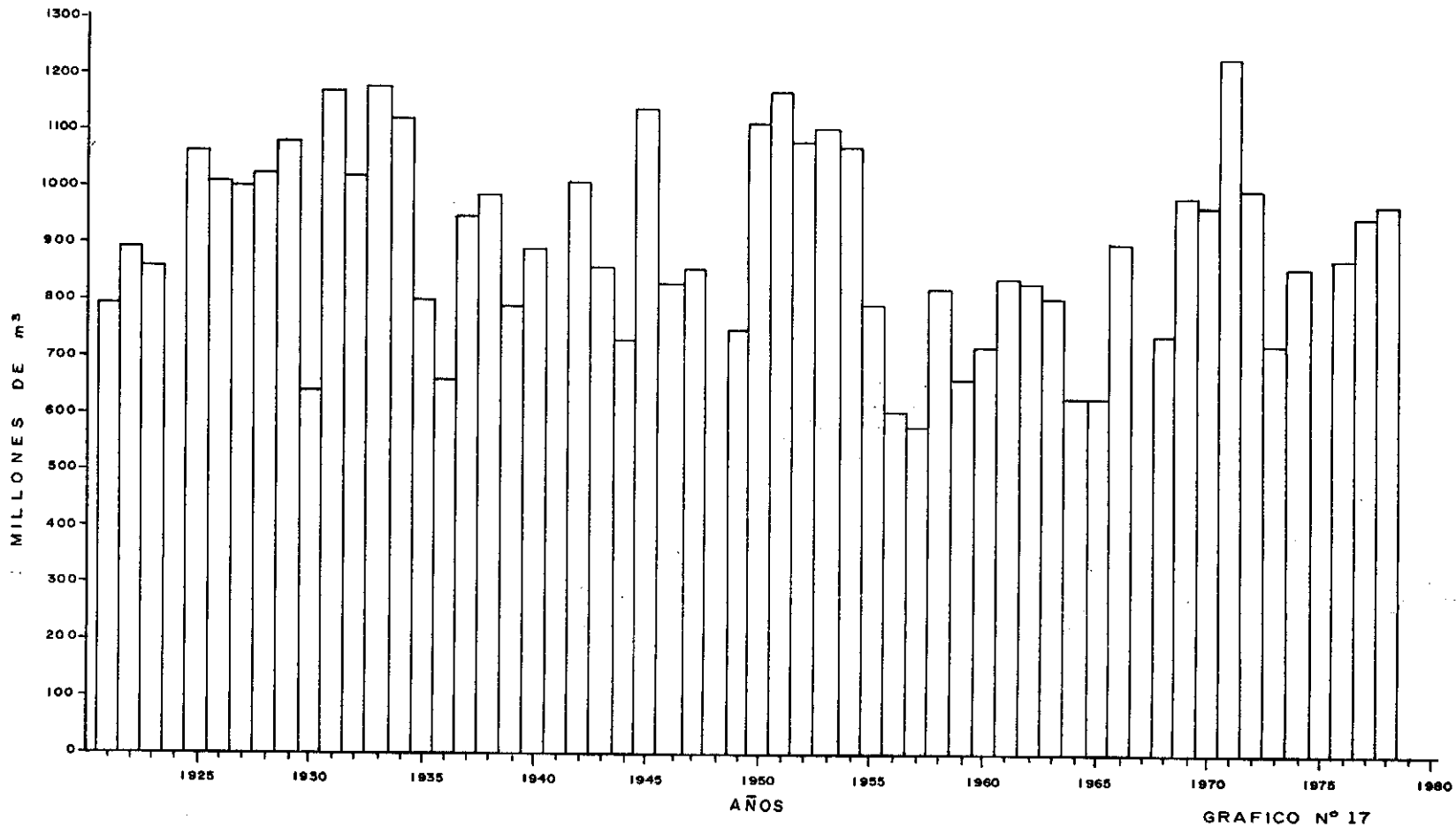



GRAFICO Nº 17

DATOS : SENAMHI MEM–DGE–EPHN

## VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGAS DEL RIO RIMAC

### ESTACION DE AFOROS SECTOR : SURCO PERIODO 1956 - 1977

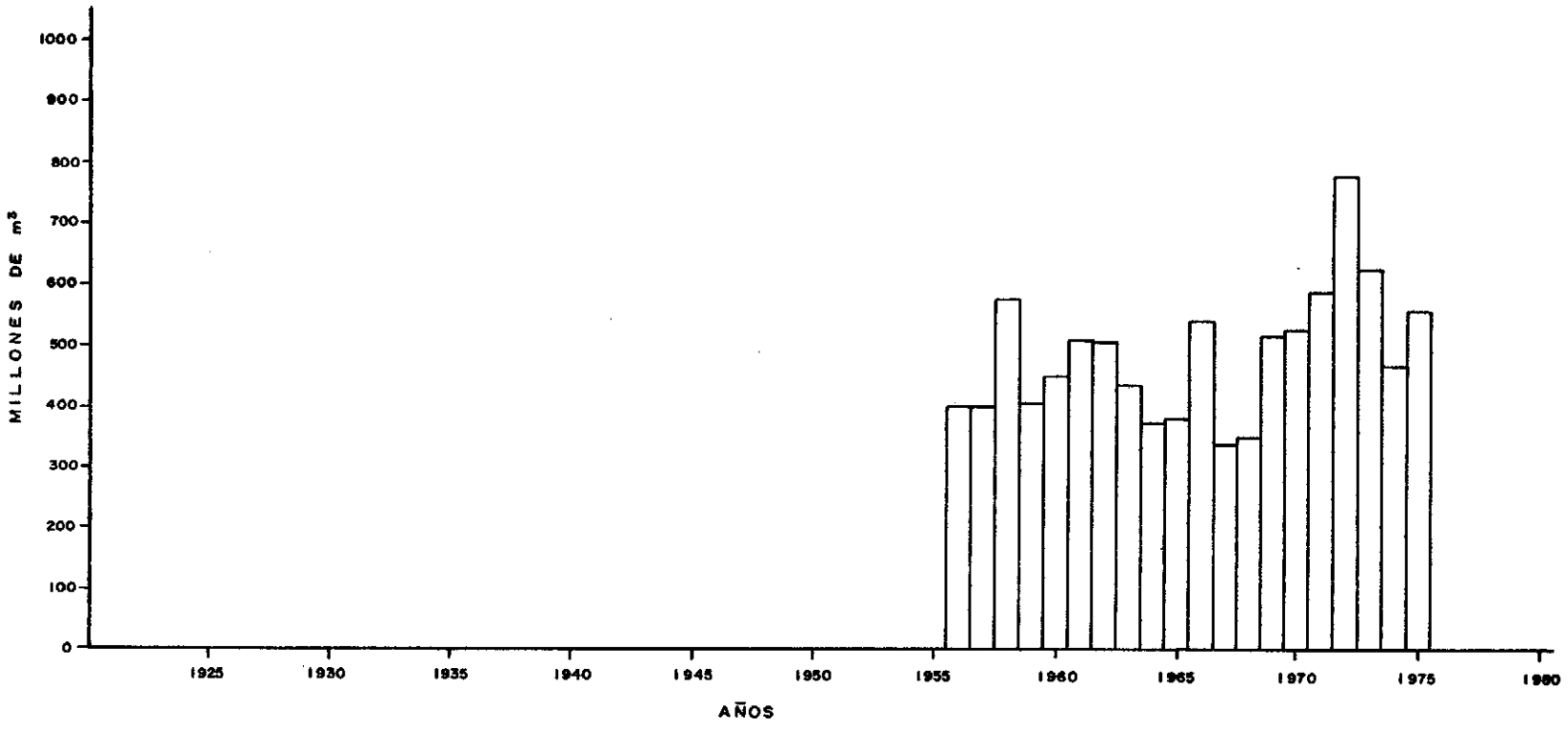
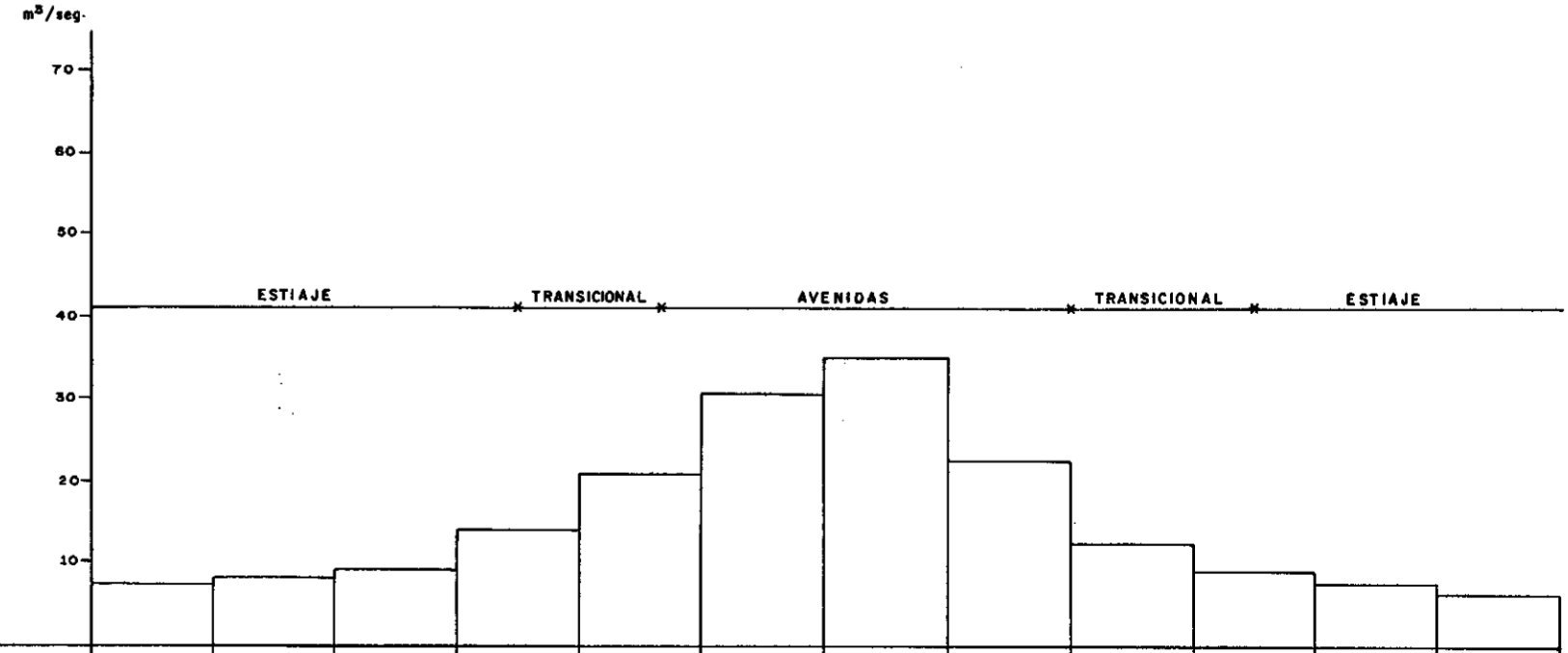



GRAFICO N° 18

DATOS : SENAMHI, MEM-DGE - EPHN.

# DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO RIMAC

## ESTACION DE AFOROS DE SECTOR SURCO - PERIODO 1956 - 1977



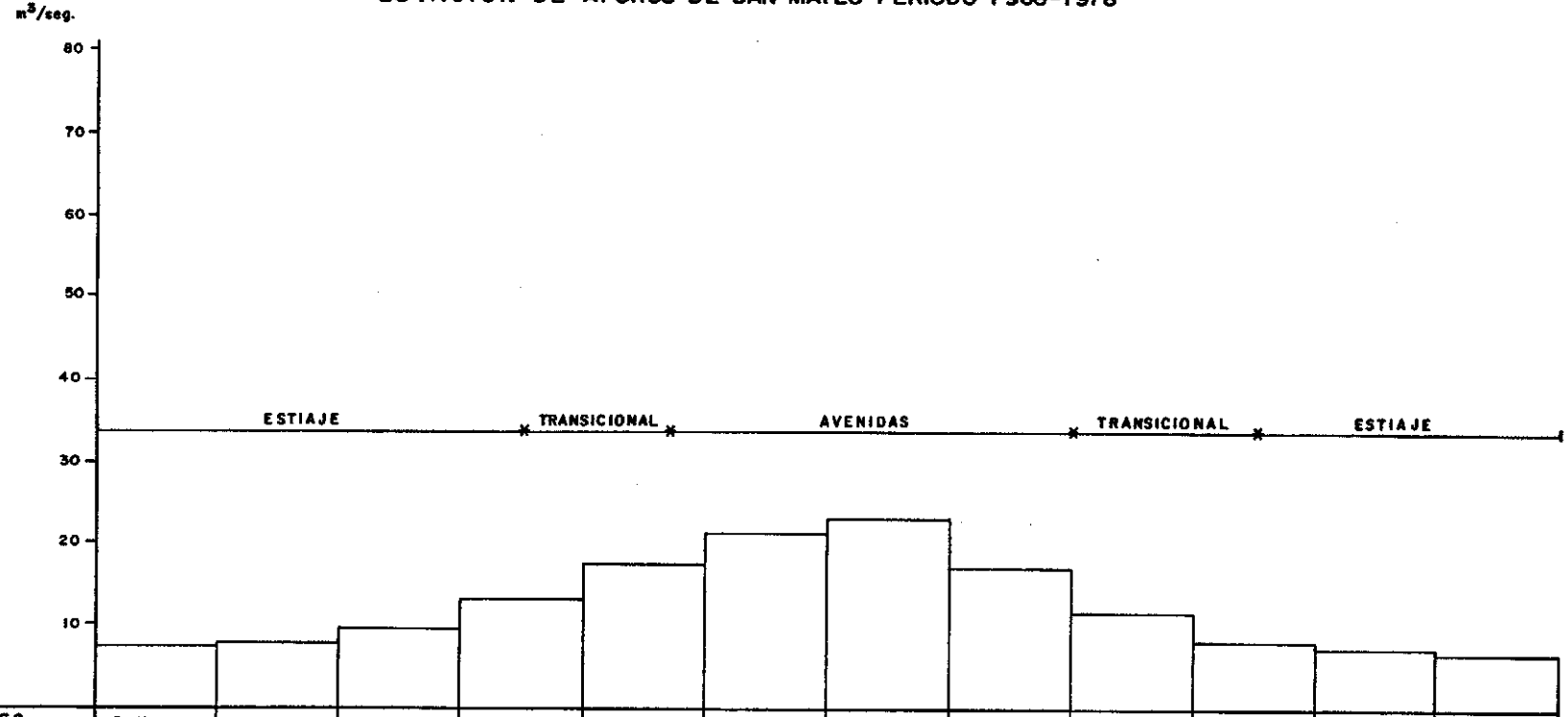

| MESES | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * MASA $m^3$ | 18·169 | 21·021 | 23·846 | 35·562 | 54·224 | 79·444 | 91·782 | 58·603 | 33·307 | 24·001 | 19·699 | 17·599 |
| PROMED. $m^3/s$ | 7·01 | 8·11 | 9·20 | 13·72 | 20·92 | 30·65 | 35·41 | 22·61 | 12·85 | 9·26 | 7·60 | 6·79 |

* EN MILLONES DE $m^3$

GRAFICO Nº 19

DATOS: SENAMHI, MEM-DGE-EPHN

## DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO RIMAC
## ESTACION DE AFOROS DE SAN MATEO PERIODO 1968-1978



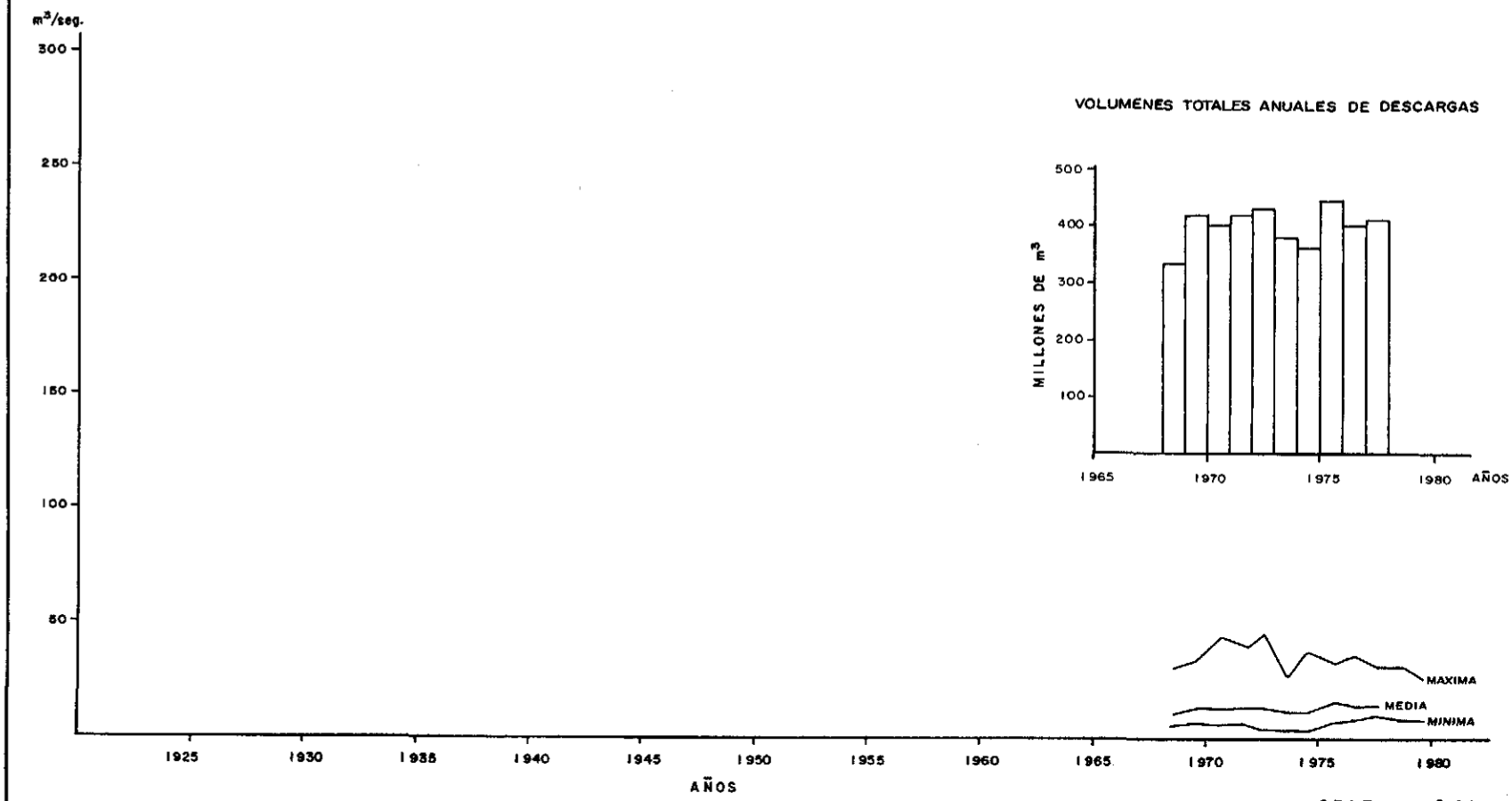

| MES | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * MASA | 17·599 | 20·502 | 25·349 | 34·525 | 45·956 | 55·235 | 60·264 | 44·997 | 30·430 | 21·850 | 18·325 | 16·977 |
| PROMEDIO | 6·79 | 7·92 | 9·78 | 13·32 | 17·73 | 21·31 | 23·25 | 17·36 | 11·74 | 8·43 | 7·07 | 6·55 |
| MAXIMO | 11·00 | 17·60 | 20·50 | 32·80 | 36·80 | 44·20 | 44·00 | 34·60 | 18·00 | 11·20 | 9·55 | 9·65 |
| MINIMO | 3·80 | 4·18 | 6·33 | 6·12 | 8·16 | 9·94 | 10·00 | 10·20 | 7·80 | 5·70 | 3·8 | 3·80 |

* EN MILLONES DE m³

GRAFICO Nº 20

DATOS: SENAMHI MEM-DGE-EPHN

## DESCARGAS MEDIA, MAXIMA Y MINIMA ANUAL DEL RIO RIMAC
### ESTACION AFOROS DE SAN MATEO PERIODO 1968-1978




VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGAS




GRAFICO Nº 21

DATOS: SENAMHI, MEM-DGE-EPHN.

**ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE SAN MATEO. PERIODO 1968 - 1978**

**C U A D R O N° 5**

| MES | SET. | OCT. | NOV. | DIC | ENE. | FEB | MAR. | ABR. | MAYO | JUN. | JUL. | AGOST. | ANUAL | VOLUMEN MILLONES $M^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Mínimo | 4.48 | 5.96 | 7.19 | 10.29 | 12.57 | 14.53 | 17.30 | 15.92 | 9.07 | 7.00 | 4.95 | 4.15 | 11.46 | 361.402 |
| * Máximo | 8.25 | 4.04 | 14.64 | 16.81 | 27.30 | 27.47 | 31.08 | 22.86 | 13.38 | 9.29 | 8.54 | 9.02 | 14.16 | 446.549 |
| * Promedio | 6.74 | 7.92 | 9.78 | 13.32 | 17.73 | 21.31 | 23.25 | 17.36 | 11.74 | 8.43 | 7.07 | 6.55 | 12.60 | 397.447 |
| Dest. est. | 1.47 | 1.22 | 2.71 | 1.80 | 4.33 | 4.28 | 4.71 | 2.51 | 1.47 | 0.79 | 1.24 | 1.40 | 0.98 | 32.66 |
| Coef. Var. | 0.22 | 0.15 | 0.28 | 0.14 | 0.24 | 0.20 | 0.20 | 0.14 | 0.13 | 0.09 | 0.18 | 0.21 | 0.08 | 0.08 |
| Rango | 3.77 | 3.13 | 7.45 | 6.52 | 14.73 | 12.94 | 13.78 | 6.94 | 4.31 | 2.29 | 3.59 | 4.87 | 2.7 | 85.147 |

4.4.2 EN EL RIO SANTA EULALIA .-

En el río Santa Eulalia se localizan 3 estaciones de aforo : En el río Macochaca (Milloc), en Canchis - Sheque y la de Autisha. Esta última por poseer más datos es la que va a ser reportada.

La estación de Autisha está ubicada en el pueblo de Autisha a - 2,100 m.s.n.m., con un área de captación de 812 $Km^2$, teniendo - como coordenadas : 11°44'00" de latitud sur y 76°36'00" de longitud oeste.

En el cuadro N°6 presentamos los resultados de los análisis estadísticos de los datos. Según la ley de probabilidades en la- estación de aforos de Autisha se ha calculado que existe un 41% que se presenten descargas anuales entre 3.7 y 11.4 $m^3$/seg., - así como también un 33% de posibilidades de que se presenten - descargas entre 5 y 10 $m^3$/seg.

Las descargas mensuales se presentan en el gráfico N°22. La - descarga máxima histórica captada fue 74 $m^3$/seg., siendo la descarga media anual de 7.58 $m^3$/seg. (Gráfico N°23).

El volúmen promedio es de 239 millones de $m^3$ (Gráfico N°23). Es importante mencionar que desde el año 1963 las aguas del río - Santa Eulalia se vieron incrementadas por la derivación de las- aguas de la cuenca del río Mantaro, en un estimado de 200 millones de $m^3$, que sin embargo no se refleja en el gráfico N°23, - por las obras de desvío del túnel acueducto de Sheque.

4.4.3 EN EL RIO BLANCO .-

En este río se localizan 2 estaciones de aforo : La de Yuracmayo y la de Río Blanco (pueblo). Analizaremos esta última estación.

La estación de Río Blanco está ubicado en el pueblo del mismo - nombre a 3,550 m.s.n.m., tiene un área de captación de 224 $Km^2$, en las coordenadas 11°44'00" latitud sur y 76°15'00" de longi - tud oeste.

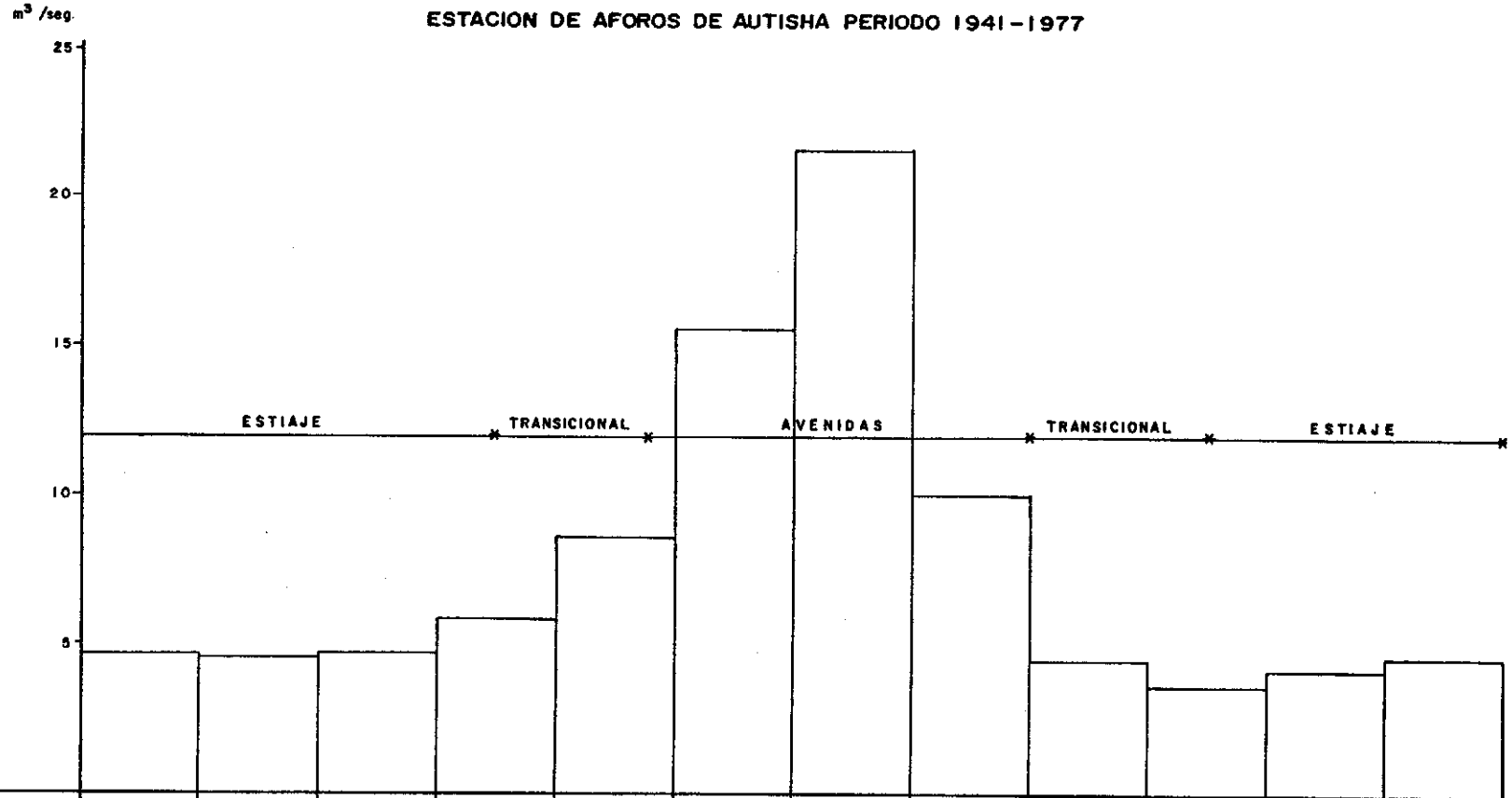
En el cuadro N°7 presentamos los resultados del análisis estadístico de los datos.

Según la ley de probabilidades en la estación de aforos de Río- Blanco existe un 60% de posibilidades de que ocurran descargas- entre 2.84 y 3.76 $m^3$/seg., así como también un 40% de probabilidades de que ocurran descargas entre 3.60 y 2.99 $m^3$/seg.

La descarga máxima histórica es de 26.4 $m^3$/seg., la descarga media anual es de 3.30 $m^3$/seg., las descargas medias mensuales se presentan en el gráfico N°24. El volúmen promedio anual es de- 103.53 millones de $m^3$ gráfico N°25.

## DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO STA. EULALIA

### ESTACION DE AFOROS DE AUTISHA PERIODO 1941 - 1977




| MES | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * MASA $m^3$ | 12·23 | 11·61 | 11·72 | 14·59 | 22·08 | 40·18 | 55·88 | 25·99 | 11·48 | 9·33 | 10·78 | 11·66 |
| PROMEDIO $m^3/s$. | 4·72 | 4·48 | 4·82 | 5·63 | 8·52 | 15·50 | 21·56 | 10·03 | 4·43 | 3·60 | 4·16 | 4·50 |

* MILLONES DE $m^3$

GRAFICO Nº 22

DATOS: SENAMHI MEM - DGE - EPHN - ATLAS DE HIDROLOGIA

DESCARGA MEDIA Y VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGA DEL
RIO SANTA EULALIA - ESTACION DE AFOROS DE AUTISHA, PERIODO 1949 - 1977

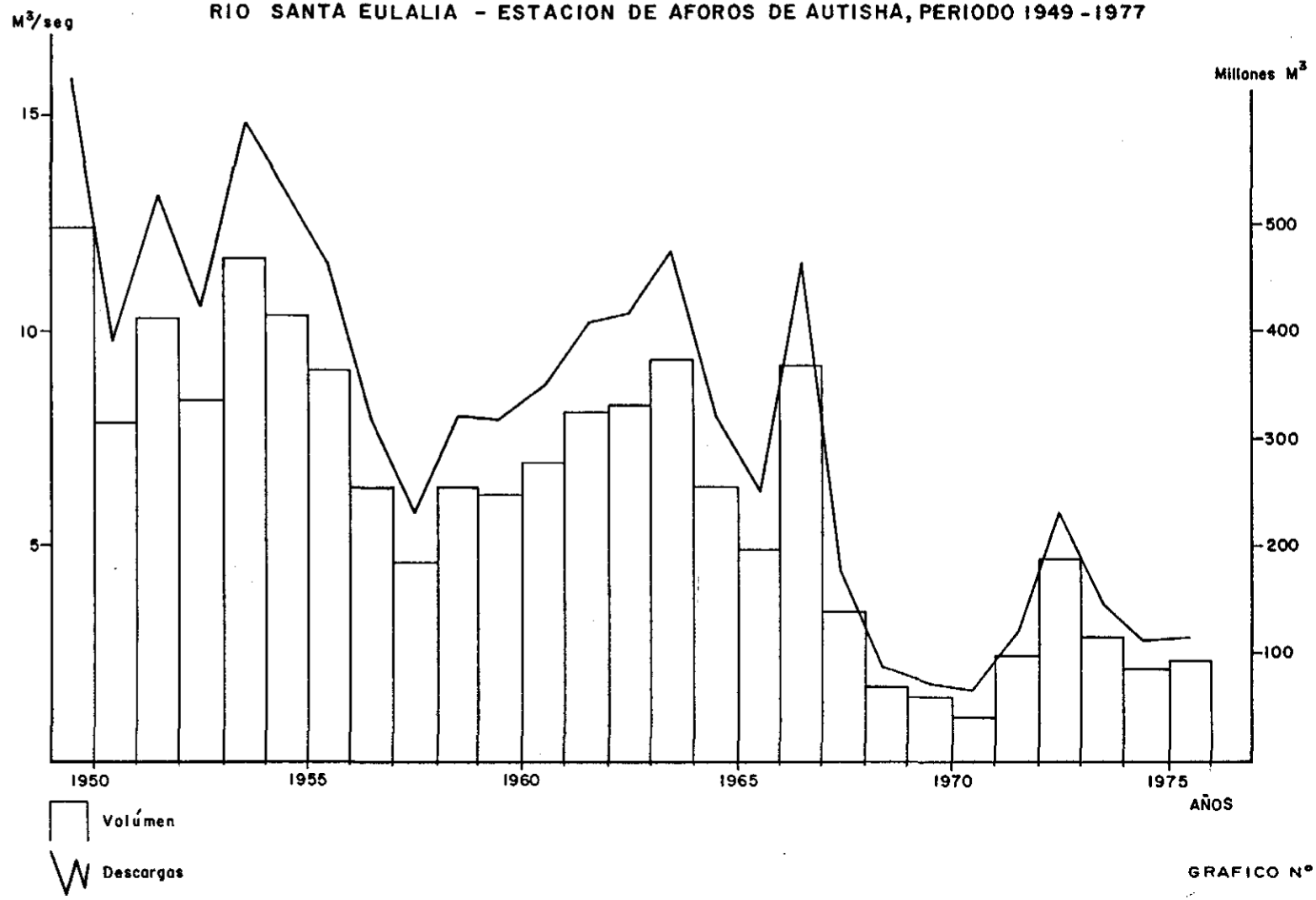
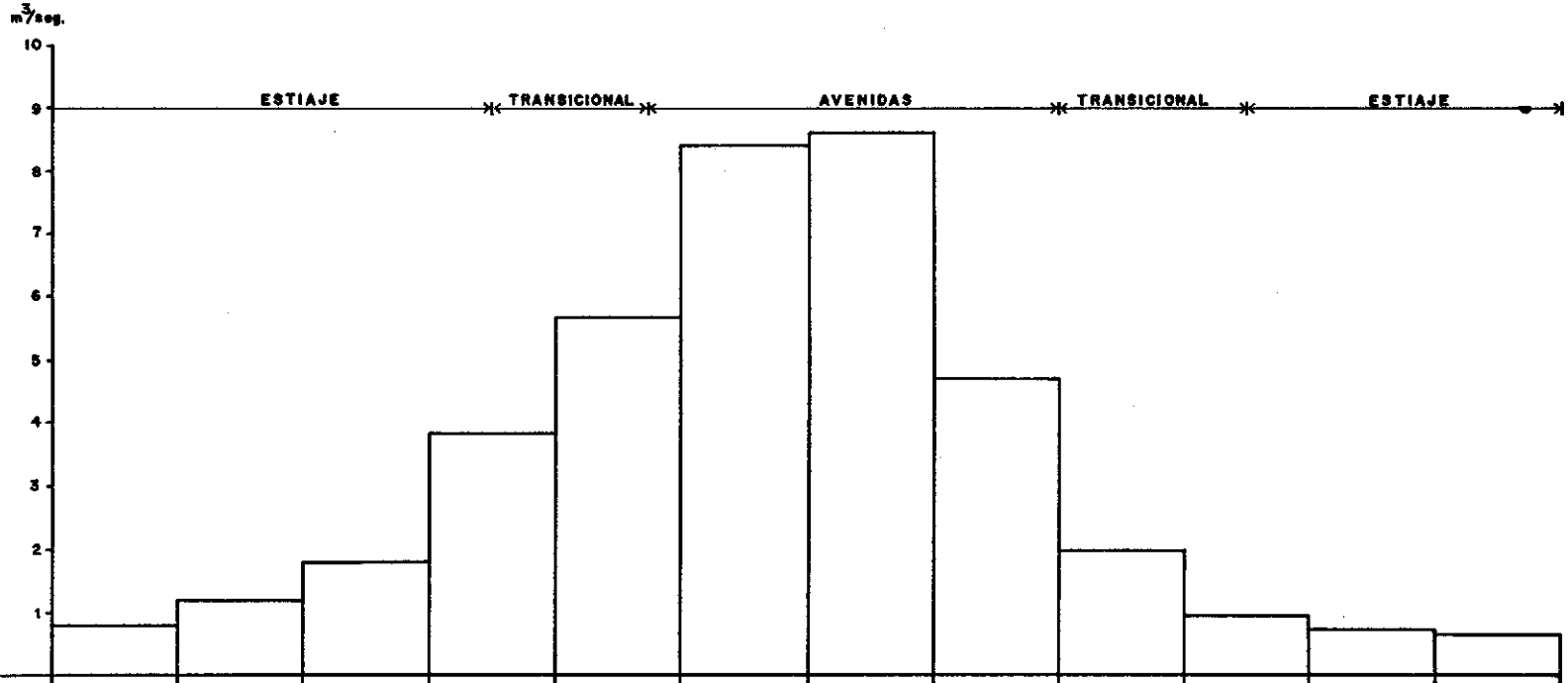



GRAFICO Nº 23

## DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO BLANCO

### ESTACION DE AFOROS DE RIO BLANCO - PERIODO 1968 - 1978




| | MESES | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * | MASA $m^3$ | 2.22 | 3.03 | 4.64 | 9.86 | 14.72 | 21.6 | 22.27 | 12.26 | 5.11 | 2.57 | 1.81 | 1.68 |
| | PROMEDIO $m^3/s$ | 0.86 | 1.17 | 1.79 | 3.81 | 5.68 | 8.36 | 8.59 | 4.73 | 1.97 | 0.99 | 0.70 | 0.65 |

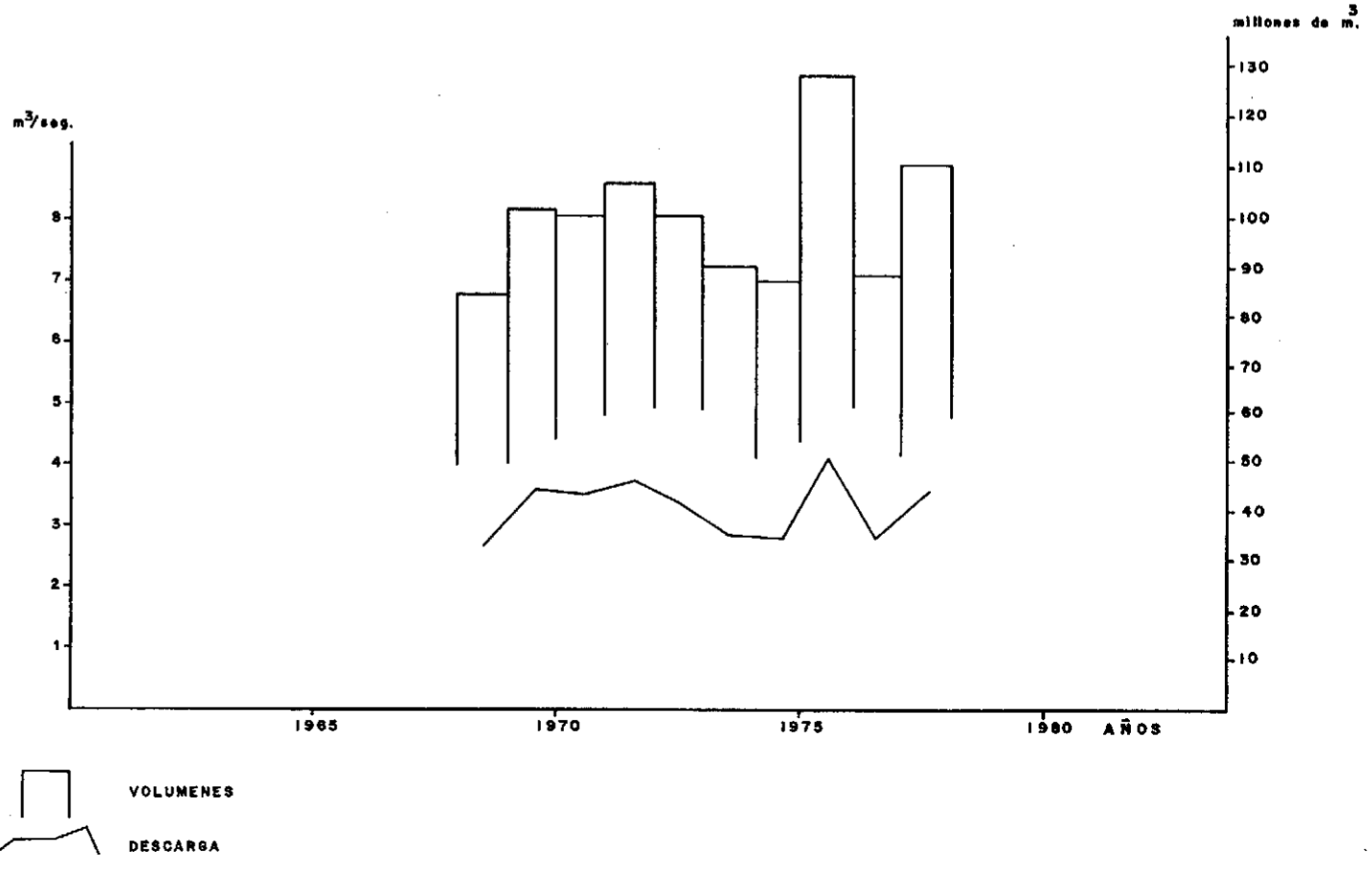
* Millones de $m^3$

GRAFICO N° 24

DATOS: SENAMHI, MEM, DGE, EPHN.

# DESCARGA MEDIA Y VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGA DEL RIO BLANCO

## ESTACION DE AFOROS DE RIO BLANCO-PERIODO 1968-1978




VOLUMENES

DESCARGA

DATOS: SENAMHI, MEM, DGE, EPHN.

GRAFICO Nº 25

## CUADRO N° 6

### ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE AUTISHA ( RIO SANTA EULALIA )

| MES | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | ENER. | FEB. | MARZ. | ABRIL | MAYO | JUN. | JULIO | AGOST. | ANUAL | VOLUMEN MILLONES $M^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Mínimo | 0.50 | 0.00 | 0.40 | 1.20 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.30 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 1.77 | 55.81 |
| * Máximo | 8.60 | 8.70 | 9.28 | 17.20 | 24.00 | 36.40 | 113.40 | 20.10 | 9.00 | 6.90 | 7.70 | 8.00 | 15.80 | 498.26 |
| * Promedio | 4.72 | 4.72 | 4.52 | 5.63 | 8.52 | 15.50 | 21.56 | 10.03 | 4.43 | 3.60 | 4.16 | 4.50 | 7.58 | 239.04 |
| De est. | 2.71 | 2.71 | 2.82 | 4.40 | 5.83 | 9.84 | 22.44 | 5.87 | 2.70 | 2.25 | 2.52 | 2.60 | 3.85 | 130.60 |
| Coef.Var. | 0.57 | 0.57 | 0.02 | 0.78 | 0.68 | 0.64 | 1.04 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | 0.61 | 0.50 | 0.51 | 52.60 |
| Rango | 8.10 | 8.20 | 8.88 | 16.00 | 22.2 | 34.7 | 111.6 | 18.8 | 8.40 | 3.45 | 7.30 | 7.60 | 11.35 | 357.94 |

## CUADRO N°7

## ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE BLANCO ( RIO BLANCO )

| MES | SET. | OCT. | NOV. | DIC. | ENER. | FEBR. | MARZ. | ABRIL | MAYO | JUNIO | JUL. | AGOST. | ANUAL | VOLUMEN MILLONES $M^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Mínimo | 0.45 | 0.67 | 0.83 | 1.64 | 1.73 | 4.57 | 5.36 | 2.82 | 1.23 | 0.68 | 0.47 | 0.38 | 2.74 | 87.99 |
| * Máximo | 1.49 | 1.91 | 5.46 | 7.22 | 10.35 | 13.86 | 12.14 | 7.32 | 3.41 | 1.45 | 1.02 | 0.92 | 4.11 | 129.61 |
| * Promedio | 0.86 | 1.17 | 1.79 | 3.81 | 5.68 | 8.36 | 88.59 | 4.73 | 1.97 | 0.99 | 0.70 | 0.65 | 3.30 | 105.53 |
| De est. | 0.38 | 0.41 | 1.35 | 1.59 | 2.78 | 2.87 | 2.26 | 1.30 | 0.68 | 0.21 | 0.17 | 0.16 | 0.46 | 15.03 |
| Coef.Var. | 0.44 | 0.35 | 0.76 | 0.42 | 0.49 | 0.34 | 0.26 | 0.27 | 0.35 | 0.22 | 0.24 | 0.25 | 0.14 | 0.15 |
| Rango | 1.04 | 1.24 | 4.63 | 5.58 | 8.62 | 9.29 | 6.78 | 4.5 | 2.18 | 0.77 | 0.55 | 0.54 | 1.32 | 41.62 |

## 4.4.4 ANALISIS DE LA TENDENCIA DE LOS CAUDALES TOTALES ANUALES .-

En el Río Rímac .- Sector Chosica, periodo 1921-1978.
De acuerdo a las investigaciones hidrológicas de esta región se sabe que los caudales anuales presentan una determinada serie de periodos húmedos y de sequía que se extienden a través de muchos años.

En el sector de Chosica, se dispusieron de los datos del periodo 1921-1978, es decir, 55 valores. De acuerdo a ellos se determina una media aritmética de $9.00150 \times 10^8$ m3 (900 millones de $m^3$). La Ecuación del análisis de tendencia es :

$$Y = 9.00150 - 0.22690 \times (10^8\ m^3)$$

La representación gráfica de esta relación ha sido registrada en el gráfico N°26. Se deduce del mismo que el periodo de 1974-1976 han sido años moderado a medianamente seco, siendo el año 1973 año seco extremo y los años 1977-1978 moderadamente húmedos.

Este desarrollo significa que se está al comienzo de un periodo húmedo a húmedo extremo. La débil tendencia de la línea de tendencia hacia las menores sumas anuales de caudales, está condicionada a factores climáticos cíclicos y es probable que se eleve nuevamente en los próximos años. Determinando así la presencia de periodos húmedos y secos muy acentuado.

Se calculó también :

| | |
|---|---|
| Promedio | $9.00150.10^8$ $m^3$ |
| Máximo | $12.36841.10^8$ $m^3$ |
| Mínimo | $5.74583.10^8$ $m^3$ |
| Rango | $6.62256.10^8$ $m^3$ |
| Desviación media | $1.69600.10^8$ $m^3$ |
| Año normal (Prob. 50%) | $9.00150.10^8$ $m^3$ |
| Año seco medio (Prob. 25%) | $7.65128.10^8$ $m^3$ |
| Año húmedo medio | $10.35173.10^8$ $m^3$ |

En el gráfico N°26, también han sido registrados los años húmedos y secos que se consideran de moderados a medios.
Se definió como año húmedo medio aquel que tiene una probabilidad de producirse del 75%, como año seco medio al que tiene 25% de -

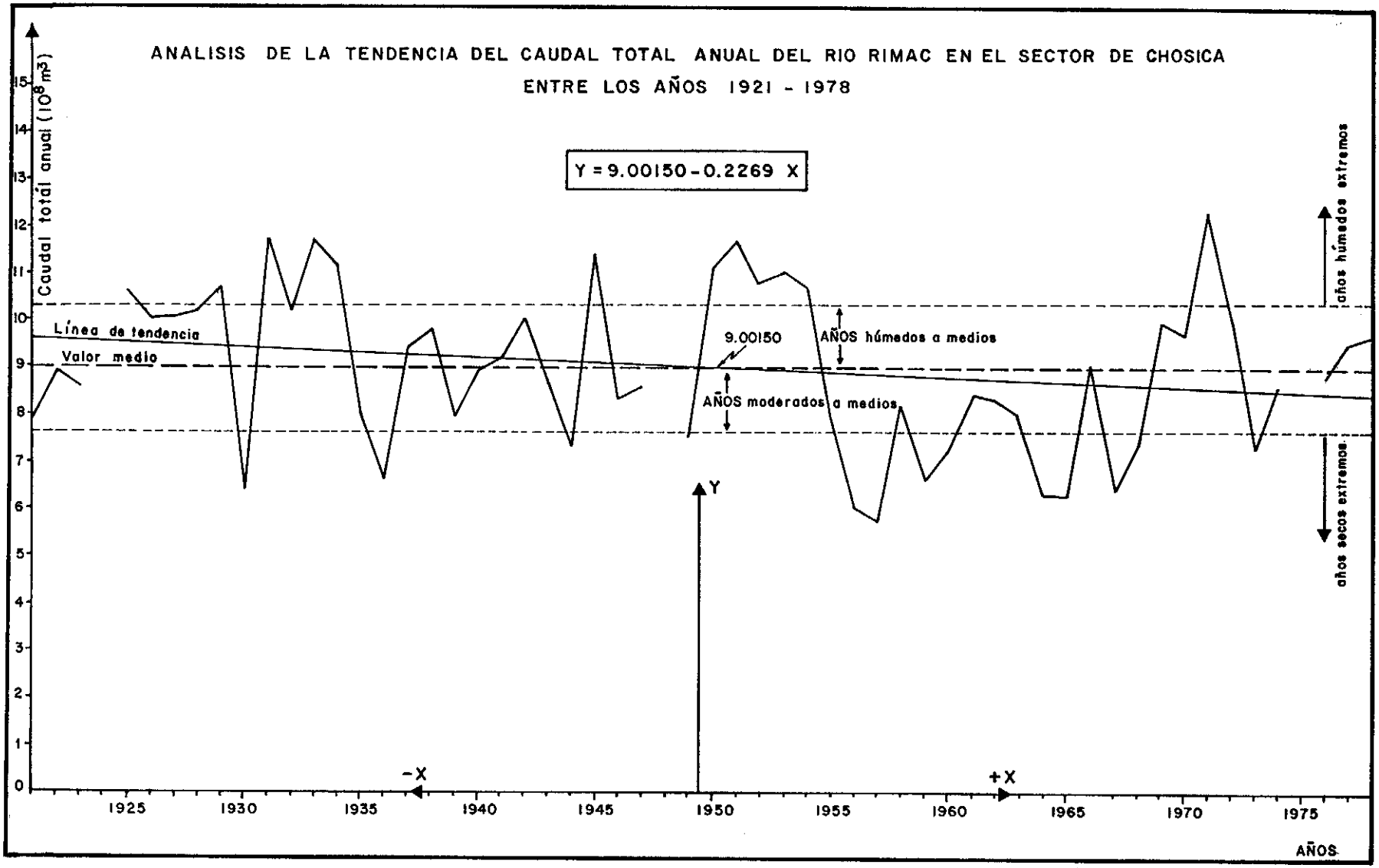

ANALISIS DE LA TENDENCIA DEL CAUDAL TOTAL ANUAL DEL RIO RIMAC EN EL SECTOR DE CHOSICA
ENTRE LOS AÑOS 1921 - 1978
Y = 9.00150 - 0.2269 X
Caudal total anual ($10^8 m^3$)
Línea de tendencia
Valor medio
9.00150
AÑOS húmedos a medios
AÑOS moderados a medios
años húmedos extremos
años secos extremos
Y
-X
+X
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
AÑOS

GRAFICO N° 26

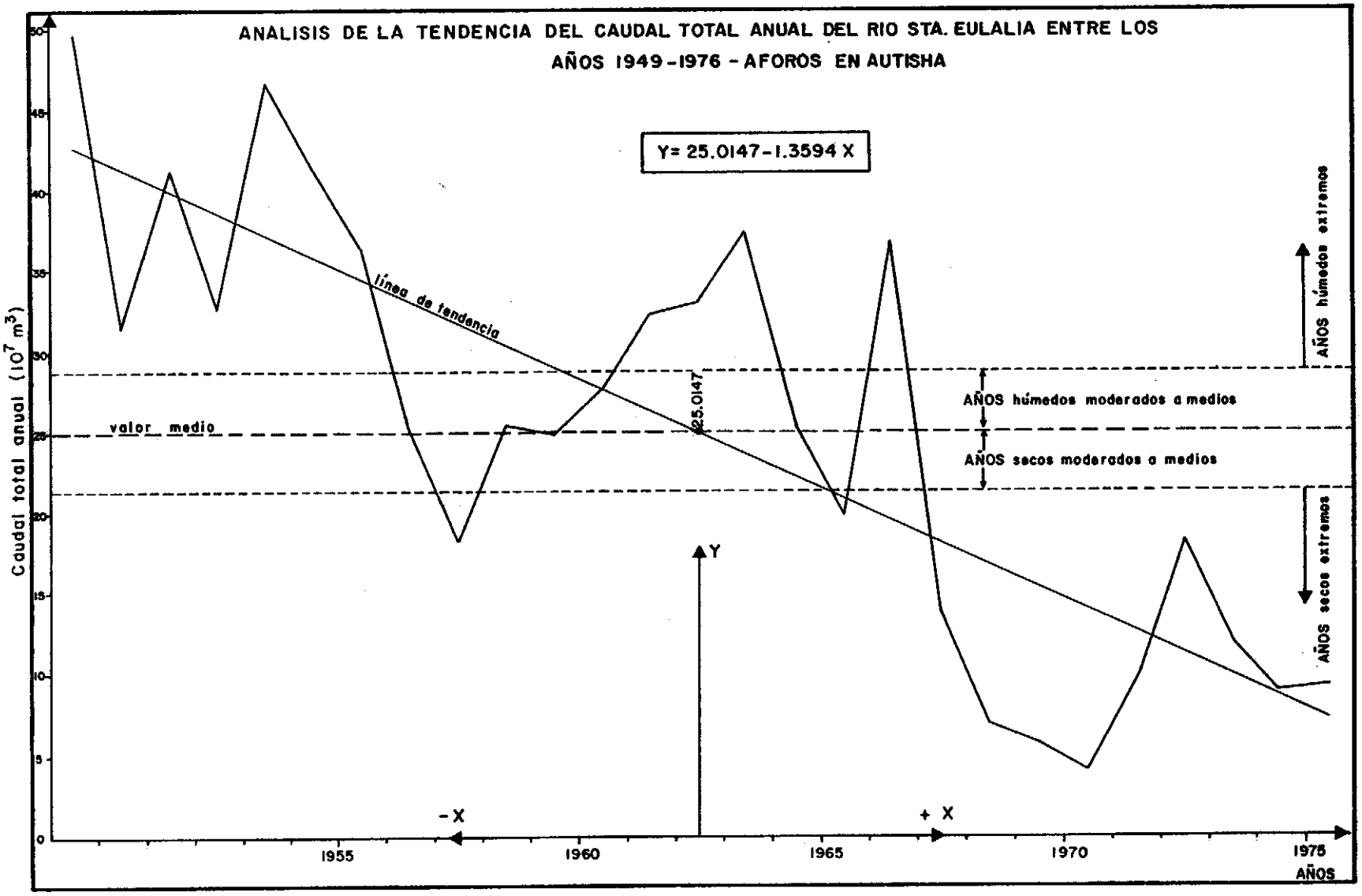
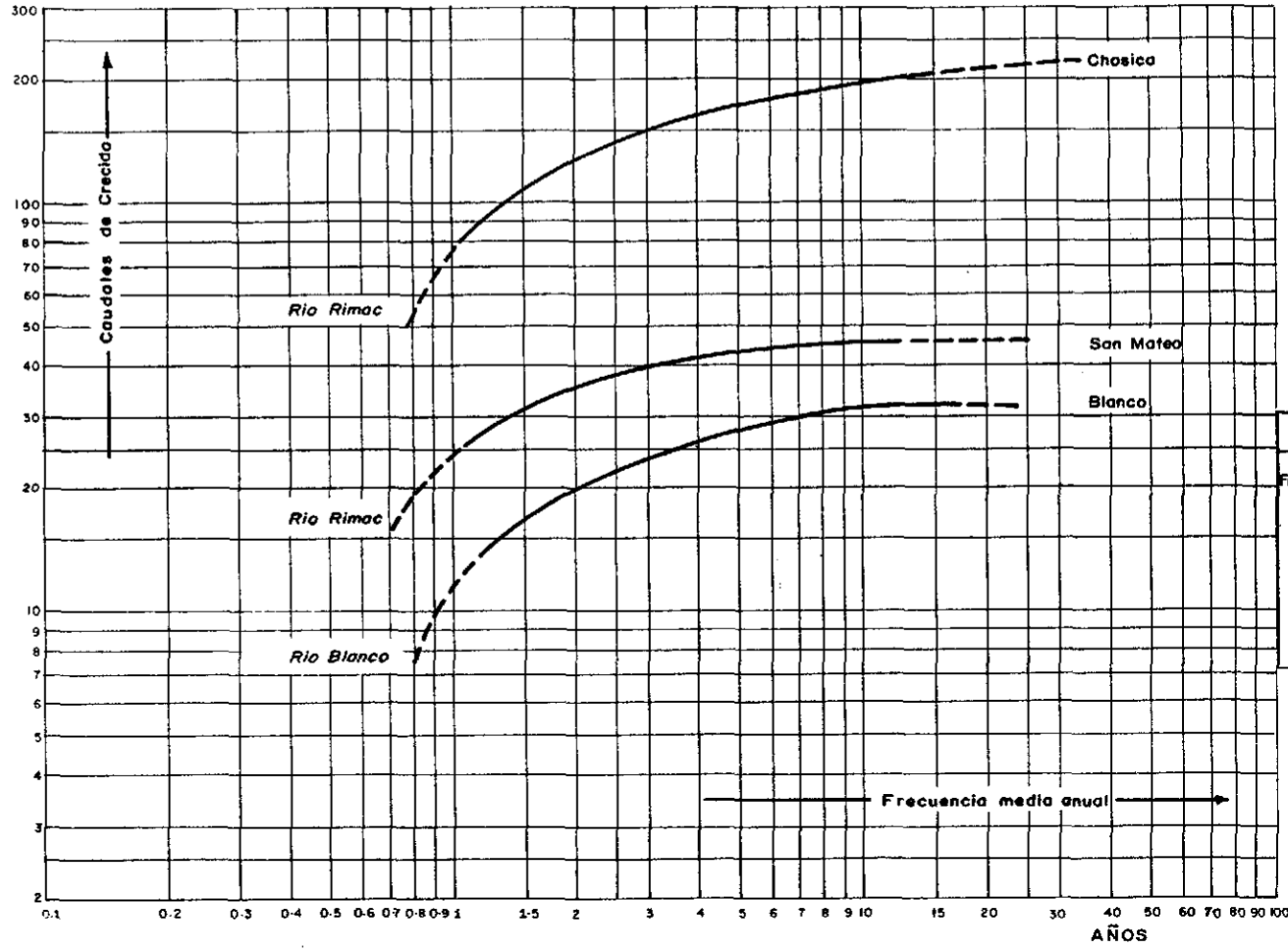



GRAFICO Nº 27

# FRECUENCIA MEDIA ANUAL DE CAUDALES DE CRECIDA MAXIMAS




| | RIO RIMAC | | R. BLANCO |
|---|---|---|---|
| Frecuencia $m^3/s$. | Chosica | San Mateo | Blanco |
| Cada año | 75 | 24 | 11.5 |
| 2 | 125 | 35 | 19.6 |
| 5 | 171 | 43 | 27.5 |
| 10 | 195 | 45 | 31.5 |
| 20 | 210 | 46 | 32.0 |

GRAFICO N° 28

probabilidad y como año normal al que tiene 50%. Para estos valores se calcula una desviación anual de caudales en un año normal en ± 15%. Se obtiene por lo tanto una suma anual de caudales en un año húmedo de $10.35.10^8$ $m^3$ y para un año medianamente-seco $7.651.10^8$ $m^3$.

La mayoría de las sumas anuales de caudales oscilan bastante cerca del promedio aritmético, lo que comprueba también la desviación media de $1.69.10^8$ $m^3$.

En el Río Santa Eulalia .- Estación de aforos de Autisha, perfodo 1969 - 1977.
En esta estación se dispusieron datos del periodo 1949-1977, es-decir 27 valores. Con ellos se determina una media aritmética - de $25.01.10^7$ $m^3$ (250 millones de $m^3$). La ecuación del análisis-de tendencia resultante es :

$$Y = 25.00147 - 1.3594 \times (10^7\ m^3)$$

En el gráfico N°27 se tiene la representación gráfica de esta ecuación. Del mismo se puede deducir que la línea de tendencia - tiende a valores extremadamente bajos, acentúandose estos valores desde el periodo 1964 - 1965. Posiblemente debido a la desviación de las aguas del río Santa Eulalia al túnel de Sheque, - para la central de Huinco.

### 4.4.5 PROBABILIDADES DE CRECIDAS EN EL RIO RIMAC .-

Para el dimencionamiento de las obras y su justificación económica se han examinado datos estadísticos sobre la frecuencia de las crecidas. A partir de dichos datos se puede determinar la - probabilidad de repetición de crecidas de diferente intensidad.

Estación de Aforos de Chosica : En el gráfico N°28 se ha representado sobre el papel logarítmico los valores de descarga máxima anual y la frecuencia.

La curva ajustada representa la interdependencia del total de las descargas y la frecuencia en que se presentan. Así se establece por ejemplo que es teóricamente probable que una descarga máxima de 75 $m^3$/seg. se presenta cada año, que una descarga máxima de - 171 $m^3$/seg. se presenta cada 5 años, así como una descarga máxima de 210 $m^3$/seg. se presenta cada 20 años.

Estación de Aforos de San Mateo : En el gráfico N°28 se presentan las frecuencias medias de descargas máximas anuales en esta-estación. En esta estación es teóricamente probable que se presente una descarga máxima de 24 $m^3$/seg. cada año, también una - descarga máxima de 43 $m^3$/seg. cada 5 años y se espera una descarga máxima de 46 $m^3$/seg. cada 20 años.

### 4.4.6 PROBABILIDADES DE CRECIDAS EN EL RIO BLANCO .-

En el río Blanco la estación usada es la estación del mismo nombre.
En el gráfico N°28 se presentan las frecuencias medias de descargas máximas anuales de esta estación.

En esta estación es teóricamente probable que ocurran descargas máximas de 11.5 $m^3$/seg. anuales, también descargas máximas de 27.5 $m^3$/seg. cada 5 años y 32 $m^3$/seg. cada 20 años.

Página en blanco

# 5.0 SISMICIDAD Y RIESGO SISMICO-CUENCA DEL RIO RIMAC

## 5.1 MARCO TECTONICO .-

La zona del presente estudio (Cuenca del Río Rímac), dentro del marco de la tectónica global, se encuentra en un área de alta actividad sísmica, como parte del Cinturón Circumpacífico. Los rasgos tectónicos principales son la Cordillera de los Andes y la Fosa de Lima, estas se situán dentro de las Placa Tectónica Suramericana o Continental y Nazca u Oceánica. La segunda se introduce en subducción a la Placa Continental formando el llamado Plano de Benioff, lugar principal de la acumulación constante de energía que será liberada mediante los temblores y terremotos.

## 5.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA SISMICIDAD .-

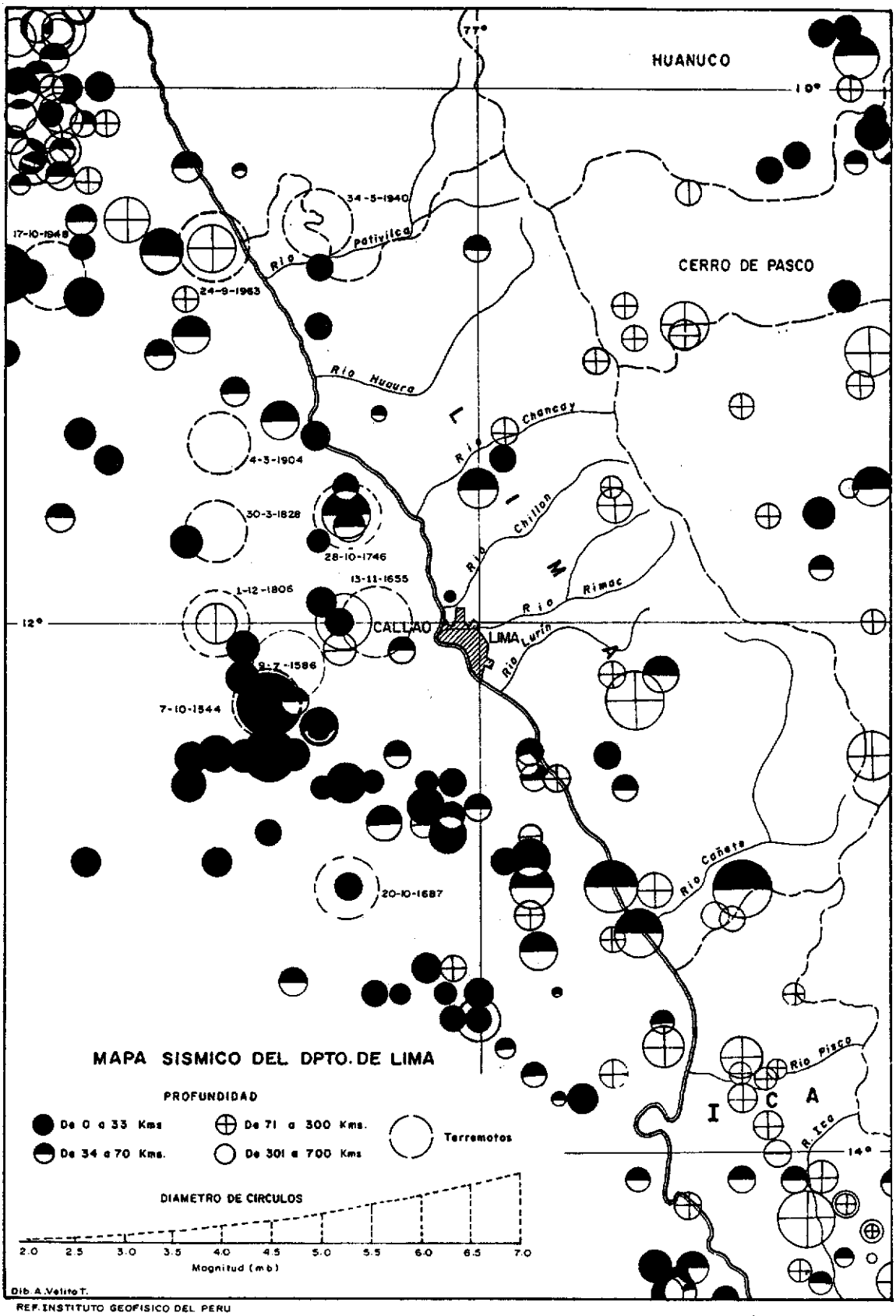
Cuando se analiza el mapa sísmico (gráfico N°29) de la Cuenca del Río - Rímac se observa que se han producido solo 2 sismos durante el periodo de 1913 a 1974, con profundidades entre 71 a 300 Km. En este mapa de - epicentros se nota que en áreas vecinas se han registrado muchos sismos, los que por propagación de sus ondas han afectado a la cuenca en estudio. Se han ploteado, también, los terremotos que han producido daños, para el periodo de 1586 a 1974.

Igualmente, es notorio que en la parte Oceánica se concentre la mayor - actividad sísmica, y frente a Lima se observa un núcleo de alta actividad, donde se generó el terremoto del 3 de Octubre de 1974; los sismos- en esta área son superficiales (h = 30 Km.). En el Continente (Cordillera de los Andes), se ha generado poca actividad sísmica y los sismos son más profundos (h = 71 a 300 Km.)

### 5.2.1 SISMOS FUERTES Y DESTRUCTORES PERIODO 1586 - 1974 .-

Muchos terremotos han sucedido en áreas vecinas a la Cuenca del - Río Rímac, y que ha ocasionado daño en las viviendas y demás o - bras de infraestructura con pérdidas de vidas humanas.

En el Cuadro N°8 se da una relación detallada de los terremotos - ocurridos en el periodo anotado y que fueron causa de destrucción en la cuenca del Río Rímac.




REF. INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU

GRAFICO Nº 29

## CUADRO N°8 SISMOS DESTRUCTORES QUE HAN AFECTADO LA CUENCA DEL RIO RIMAC

### PERIODO 1586 - 1974

| FECHA | HORA LOCAL Y LUGAR | EPICENTRO LAT. S. | APROX. LONG.W. | INTENSIDAD | MAGNIT. | AREA AFECTADA Y DAÑOS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 09-07-1586 | 19.30 COSTA | 12.2 DPTO.LIMA | 77.7 | IX | 8.1 | Costa Dpto. de Lima, terremoto precedido de granruido, murieron entre 14 a 22 personas. Hubo derrumbe de peñascos y piedras del cerro San Cristobal y otros en la parte alta del valle, así como agrietamientos del terreno. La destrucción- se extendió en los valles cercanos a Lima, y llegó hasta Villa Valverde de Ica. Le siguió al sismo un tsunami, que anegó gran porción de la costa. En el Callao el mar subió como 2 brazas e inundó- parte del pueblo, el agua llegó hasta unos 250 m. de la orilla, estos efectos se propagaron unos - 1,000 Km. a lo largo de la Costa, desde Trujillo- a Caravelí. |
| 13-11-1955 a 1595 | 13.38 FRENTE A LIMA. | 12.0 | 77.4 | VIII | 7.4 | Fuerte movimiento que derribó muchas casas y edificios en Lima, abriéndose grietas en la Plaza Mayor y cerca del Convento de Guadalupe. Fué fuerte en 500 Km. de Costa, de Norte a Sur y 50 Km.de Este a Oeste. |
| 20-10-1687 | 5.30 | 13.0 | 77.5 | IX | 8.2 | Ocurrieron 2 terremotos en Lima, uno a los 4.15 y el otro a las 5.30. El segundo fue más prolongado y acabó de arruinar, ocasionando 100 muertos.- Las antiguas edificaciones a base de adobe, otras de cal y cantos con gruesos pedrones, no pudieron soportar las violentas oscilaciones del suelo.Los estragos fueron grandes en el Puerto del Callao y alrededores, extendiéndose hasta unos 700 Km. al- sur de Lima, valles de Cañete, Ica, Palpa, Nazca- y Camaná. En el Callao no quedó casa ni edificio en pie, pues después del sismo vino un tsunami, - |

.../.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | muriendo en el Callao cerca de 100 personas; desapareciendo el pueblo de pescadores Quilcay (Lurín) situado a 25 Km. de Lima. En Trujillo se le percibió como ruidos sin conmoción. |
| 28-10-1746 | 23.30<br>COSTA NORTE | 11.6<br>DPTO. LIMA | 77.5<br>( Chancay ) | X-XI | 8.4 | Terremoto en Lima y Tsunami en el Callao. De 3,000 casas distribuidas en 150 manzanas, solo 25 quedaron en pie, en Lima perecieron 1141 personas de un total de 60,000 habitantes; en el Puerto del Callao, quedaron arruinadas casi la totalidad de las edificaciones media hora después hubo tsunami y con gran altura irrumpió sobre la población y de 4,000 habitantes solo se salvaron 200; de los barcos presentes, unos quedaron sumergidos y otros arrojados a tierra. El área pleistosista abarcó unos 44,000 $Km^2$. Los caminos de acceso al interior quedaron inutilizados. El movimiento fue sentido en Guayaquil, 1,100 Km. al NW del Callao; con notable intensidad en Huancavelica; sentido en Cuzco y Tacna. |
| 01-12-1806 | 18.0 | 12.0 | 78.0 | | | El temblor más fuerte que se produjo después de 1,746. Se estremeció la ciudad por más o menos 1 minuto. El mar salió fuera de sus límites ordinarios y causó avería en algunos buques que estuvieron en la bahía. |
| 30-03-1828 | 7.35<br>LIMA | | | VIII | | Terremoto que causó grandes daños en los edificios y viviendas de Lima, hubieron 30 muertos y numerosos heridos. Fueron afectados el Puerto del Callao Chorrillos,Chancay y Huarochirí; se sintió fuerte en Trujillo y Huancayo; leve en Arequipa. |

.../.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17-10-1966 | 16.41 | 10.7 | 78.6 | VIII | 7.5 | El sismo más fuerte desde 1940 ocasionó 100 muertos un área de percepción 524,000 $Km^2$. La aceleración registrada en Lima, estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0.4 g. entre ondas de aceleraciones menores de 0.2 g. Hubo deslizamientos de material suelto en los acantilados de Chorrillos Miraflores y Magdalena. Los efectos destructores fueron importantes en construcciones de adobe, con estructuras que adolecían defectos de diseño y de pobre construcción; en Lima *Metropolitana y en el Callao se acentuaron por la* antiguedad de las construcciones y consistencia del suelo. Se observaron daños en la Planicie y La Molina, 50 minutos más tarde del sismo se produjo un tsunami moderado, registrándose la primera onda en los mareografos de la Punta. |
| 03-10-1974 | 9.21 | 12.3 | 77.8 | VIII | 7.5 | Sismo que ocasionó 78 muertos y 2,500 heridos. La duración de más de un minuto y medio contribuyó a acentuar la destrucción de muchas casas antiguas de adobe y quincha en el área del litoral entre 12 y 14°de Lat.Sur. En Lima Metropolitana sufrieron daños entre leves a considerables las viviendas, edificios, etc. de los Barrios Altos, Rímac, El Cercado, Callao, Barranco y Chorrillos. Se observaron derrumbes de material aluvial en los acantilados situados entre Magdalena y Chorrillos, los efectos destructores se extendieron a Mala, Chincha, Cañete y Pisco. A pocos minutos del sismo se observó en las Playas cercanas a Lima una retirada del mar que en Agua Dulce alcanzó unos 120 metros, volviendo las aguas a su cauce de manera gradual. El mareografo de la Punta registró un máximo de ola de 5 pies. .../.. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 05-03-1904 | 5.17<br>LIMA | | | VIII | 7.2 | Intenso movimiento sísmico en Lima, sentido en un área de percepción de 230,000 $Km^2$. El sismo en - 4,000 $Km^2$ intensidad VI-VII, en Lima cayeron cornisas y se agrietaron las torres de la Catedral.- En Chorrillos no quedó casa sin rajadura, la destrucción se extendió hasta Mala; en Matucana hubo desprendimientos de material meteorizado de la - parte alta de los cerros y agrietamientos en las- viviendas. Fue sentido en Trujillo, Ica y Ayacucho. |
| 19-01-1932 | 21.33<br>COSTA | 12.0<br>FRENTE A LIMA | 77.5 | VII | 6.75 | Lima fue sacudida por un violento sismo que hizo- caer caer cornisas y paredes viejas. En el Puerto del Callao, fue fuerte y ocasionó diversos daños en las edificaciones. Se sintió fuerte en - Huacho, ligero en Pisco, igual que en Trujillo y- Chiclayo; en Huaraz y Callejón de Huaylas fue también fuerte. |
| 24-05-1940 | 11.35 | 10.5 | 77.6 | VIII | 8.2 | La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron - sacudidas por un terremoto, cuya intensidad fue - VIII MM. El área de percepción que comprendió casi todo el Perú, extendiéndose hasta Guayaquil al Norte y Arica al Sur. Ocasionó destrucción en el- Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Lurín. Dejó 179 muertos y 3,500 heridos. Los daños fueron un 38% en viviendas de quinchas, 23% en las de adobe, 20% en las de ladrillo y 9% de cemento; en- el Puerto del Callao hubo destrucción considera - ble.<br>En todas las quebradas del Río Rímac, se produjeron derrumbes de rocas y material delesnable; fue destructor de Pisco a Barranca. Luego del terremoto hubo un pequeño tsunami. |

...../.

La intensidad promedio para Lima fue VII MM., máxima de VIII-IX MM, para Chorrillos y La Molina; y V-VI - San Isidro, San Borja y algunos lugares de Miraflo - res.

Página en blanco

## GRANDES TERREMOTOS PROGENITORES DE TSUNAMIS

A continuación se da una relación de estos grandes movimientos y que afectaron a la Cuenca Baja del Río Rímac, en cuanto a la generación de Tsunamis.

| FECHA | EPICENTRO APROXI. HORA | LAT. | LONG. | | $M_s$ | mt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 09-07-1586 | 17.30 | 12.2 | 77.7 | Costa Dpto. Lima | 8.0 | 3 |
| 24-11-1604 | 13.30 | 18.0 | 71.5 | Costa Peruano-Chilena | 8.4 | 3 |
| 20-10-1687 | 11.00 | 13.0 | 77.5 | Costa Sur Dpto. LIma | 8.2 | 3 |
| 28-10-1746 | 22.31 | 11.6 | 77.5 | Costa Norte Dpto.Lima | 8.4 | 3 |
| 01-12-1806 | 18.00 | 12.0 | 78.0 | Frente al Puerto del Callao. | - | 2 |
| 13-08-1868 | 13.45 | 18.5 | 71.2 | Costa Peruano-Chilena | 8.5 | 3 |

MS Magnitud estimada del terremoto.

mt Intensidad del tsunami de acuerdo a la escala de Iida

### 5.3 TSUNAMIS CON INFLUENCIA EN EL LITORAL DE LA CUENCA BAJA DEL RIO RIMAC .-

1,586 Julio 9 a 17.30, L 12°Lat. Sur.
Terremoto destructor en Lima, Callao, Chancay e Ica, tsunamis en la costa. El mar se retiró y salió hasta unos 250 m. de la orilla. En muchos lugares de la costa penetró a tierra.

1,604 Noviembre 24, a 13 h. 30 m., 18°Lat. Sur.
Terremoto y tsunami en el Sur del Perú. En el puerto del Callao el mar no salió con tanta furia como en otras partes; hubo un golpe de agua que sin entrar en él, lo dejo hecho una isla, de manera que algunos días no se podía pasar de Lima al Callao, sin atravezar un gran charco. La mar donde hizo más estragos con sus flujos y reflujos fue en la ciudad y Puerto de Arica.

1,687 Octubre 20, 12°Lat. Sur.
Hubieron ese día dos terremotos destructores en Lima, Callao, Chancay y Pisco.
El primero ocurrió a 4.30 m. y el otro pasado las 6 h. El tsunami se produjo a la hora y media del primer sismo. En el puerto del Callao no quedó casa ni edificio en pie, habiendo perecido mucha gente.
Al sismo siguió otro enemigo de igual fuerza, el tsunami y muchos que quedaron salvos del sismo, se ahogaron.
Murieron como 300 personas en el Callao. También desapareció un pueblo de pescadores llamado Quilcay situado a 25 Km. de Lima.Los estragos fueron fuertes a lo largo de la costa entre Chancay y Arequipa.

1,746 Octubre 28, a 22 h. 31 m., 12°Lat. Sur.
Un terremoto asoló a Lima y pueblos vecinos, muriendo alrededor de 2,000 personas, fue seguido de un tsunami que devastó gran parte del litoral. En el Callao de una población de 5,000 habitantes, solo se salvaron unos 200. Se relata que media hora después del terremoto el mar se erizó elevándose a gran altura e irrumpió sobre el pueblo del Callao; de 23 embarcaciones que estaban ancladas en el puerto 19 quedaron sumergidas; parece que la ola marina sobrepasó los 10 m. Probablemente la conmoción marina se extendió a través de todo el Océano Pacífico; hubo noticias que a 6 1/2 horas de la inundación en el Callao, la ola marina irrumpió con fuerza en el Puerto de Concepción (Chile) y que a unos 4,000 Kms. al Norte (Puerto de Acapulco-Mexico) se varó una nave.

1,806 Diciembre 1, a 18 h., 12°Lat. Sur.
Fortísimo temblor en Lima. A las 20 horas salió el mar en el Callao y a las 21 h. 30 m. El día 2 de Diciembre a las 2.30 una ola de 6 m. de altura dejó varios buques en tierra y averió otros.

1,868 Agosto 13, 13 h. 45 m., 18.5°Lat. Sur.
Terremoto destructor en el Sur del Perú, y tsunami que causó estragos a lo largo de la costa peruano - chilena, comprendida entre los paralelos 11° a 37° de latitud sur. En el Callao, el mar agitado comenzó a retirarse aproximadamente a las 21 h., gran parte de la zona adyacente a la ribera había quedado en seco, y a las 22 h. 30 m. una enorme ola cubrió todas las instalaciones portuarias, naufragando varias embarcaciones menores.

En Arica, olas de unos 12 m. de altura arrasó con el pueblo, en general los daños fueron más intensos en toda la zona del litoral Sur del Perú y Norte de Chile.
Como se puede observar, los acontecimientos descritos, ponen demanifiesto que la zona del litoral de la cuenca del Río Rímac, en especial la zona del Callao, ha estado sometida constantemente a los tsunamis; es por lo tanto, de vital importancia considerar que fenómenos similares podrían repetirse en el futuro con grave riesgo para la infraestructura portuaria.

## 5.4 INTENSIDADES .-

Para una apreciación más objetiva de lo sucedido, cuando se produjeron los terremotos más dantescos en el presente siglo, y que afectaron a la Cuenca del Río Rímac, se ha elaborado los mapas de Isosistas, en los que se muestran las áreas de influencia y la intensidad sísmica en la escala Modificada de Mercalli (MM) que soportaron las diferentes ciudades y pueblos.

El Cuadro N°9 muestra las características de los sismos que se presentan en los mapas de isosistas (Gráficos N°30-31-32).

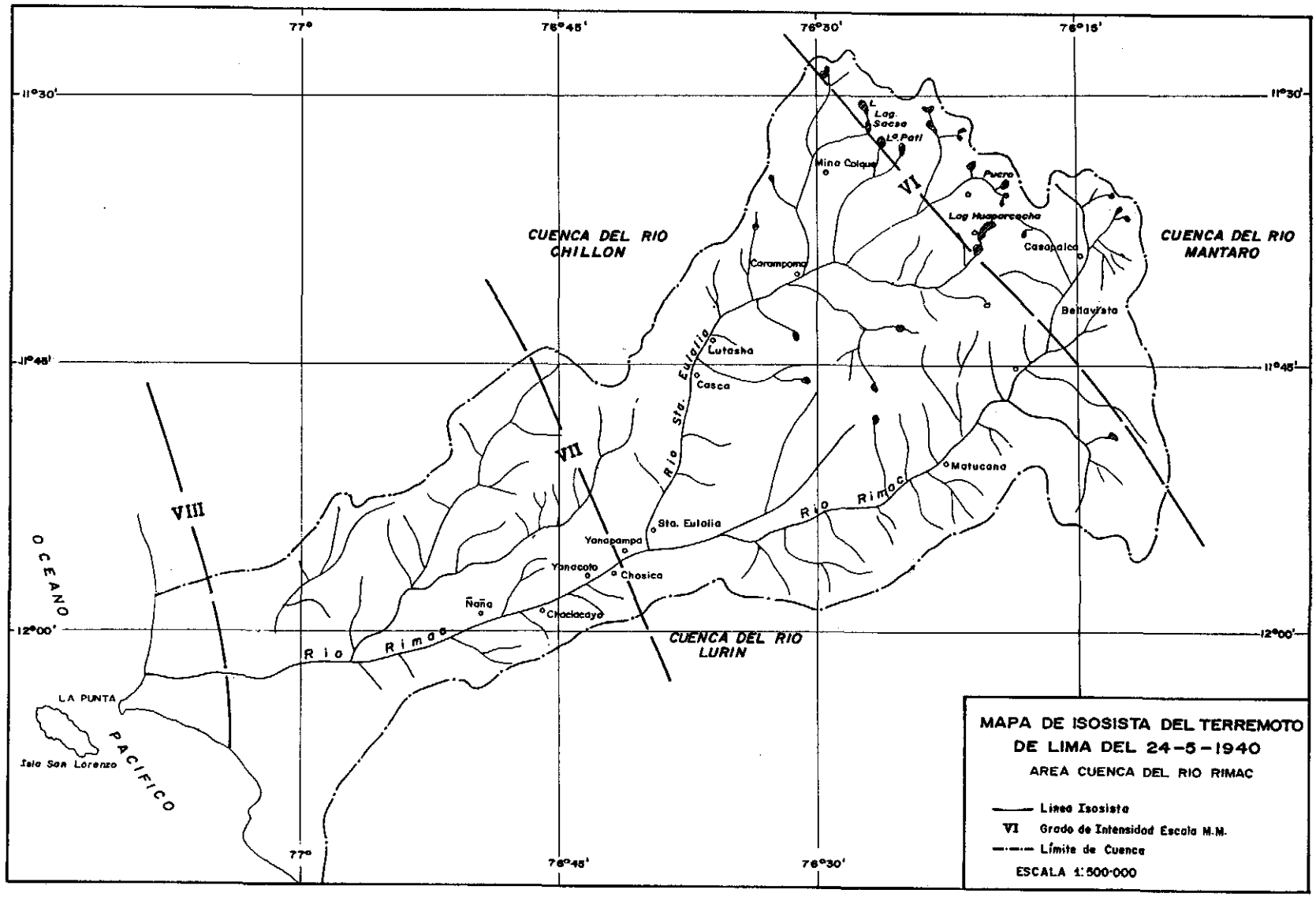
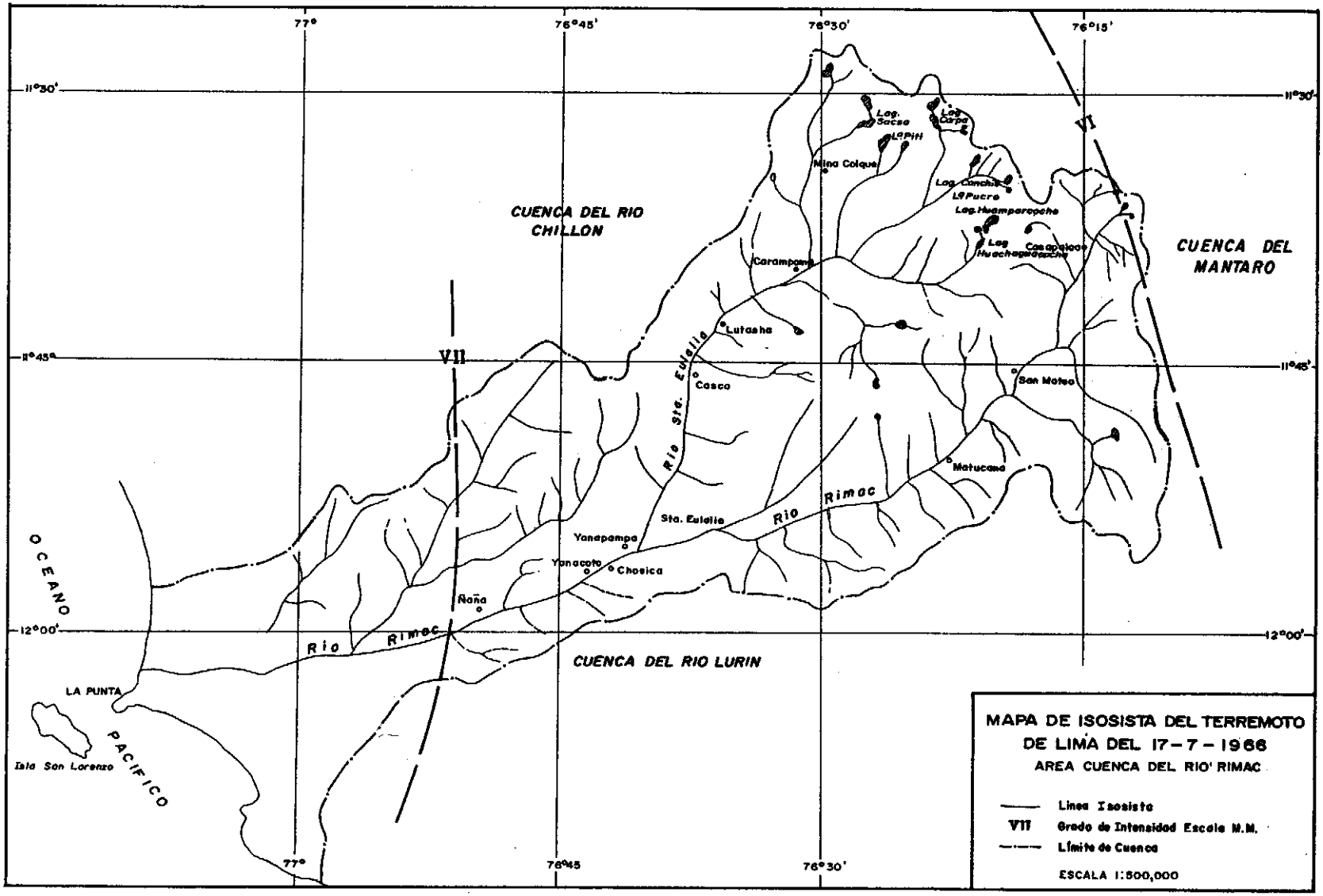



GRAFICO Nº 30




MAPA DE ISOSISTA DEL TERREMOTO DE LIMA DEL 17-7-1966

AREA CUENCA DEL RIO' RIMAC

——— Linea Isosista

VII Grado de Intensidad Escala M.M.

—·—·— Límite de Cuenca

ESCALA 1:500,000

GRAFICO Nº 31

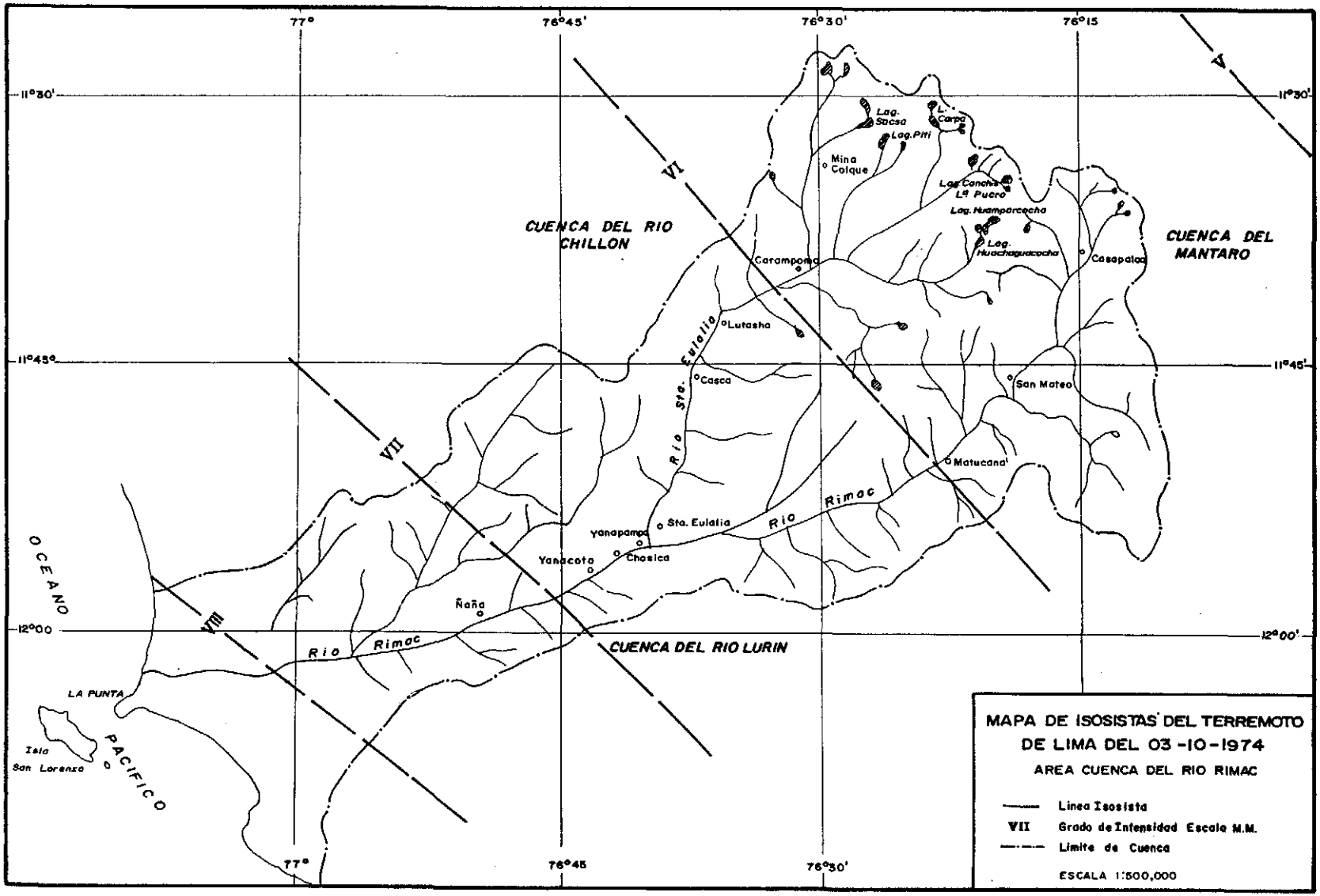



GRAFICO Nº 32

Página en blanco

## CUADRO N° 9

## CARACTERISTICAS DE LOS SISMOS DE 1940, 1966 y 1974

| FECHA | HORA | EPICENTRO LAT.S | EPICENTRO LONG. W | $M_S$ | INTENSIDAD | PROFUND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24-05-1940 | 11.35 | 10.5 | 77.6 | 8.2 | VIII | 42 |
| 17-10-1966 | 16.41 | 10.7 | 78.6 | 7.5 | VIII | 38 |
| 03-10-1974 | 9.21 | 12.3 | 77.8 | 7.5 | VIII | 13 |

El terremoto del 24-051940

| Intensidad MM | Localidades Afectadas |
|---|---|
| VIII | Callao, Aeropuerto Internacional Jorge Chavez, Distritos de San Martín de Porres, Carmen de la Leguā Reynoso-Bellavista, Pueblo Libre, Magdalena, San - Miguel. |
| VII | Distritos de Lima, Rímac, La Victoria, San Isidro-Miraflores, Surquillo, Santiago de Surco, San Luis El Agustino, San Juan de Lurigancho, San Juan de - Miraflores, Vitarte, Ñaña, Chaclacayo, Central Hidroeléctrica, Huampaní, Yanacoto, Chosica, Ricardo Palma, Central Hidroeléctrica Moyopampa, Santa Eulalia, Barba Blanca, Central Hidroeléctrica J. Carosio, La Toma Sheque, Carampoma, Mina Colque, Cocā chacra, Tornamesa, Central Hidroeléctrica Pablo Bō ner, Surco, Matucana, La Parhua, San Mateo. |
| VI | Bellavista, Chicla, Casapalca, Ticlio, Las Lagunas Sacsa, Peti, CArpa, Huamparcocha y Huachuacocha. |

Terremoto del 17-10-1966

| Intensidad MM | Localidades Afectadas |
|---|---|
| VII | Callao y todos los distritos de Lima Metropolitana Vitarte, Qda. Jicamarca. |
| VI | Ñaña, Central Hidroeléctrica Huampaní, Chaclacayo-Chosica, Ricardo Palma, Central Hidroeléctrica de- |

Moyopampa, Santa Eulalia, Barba Blanca, Central Hidroeléctrica, J. Carosio, Huinco, Toma Sheque, Carampoma, Cocachacra, Tornamesa, Central Hidroeléctrica Pablo Boner, Surco, Matucana, San Mateo, Chicla, Casapalca, y Laguna Sacsa, Peti, Carpa, Huamparcocha, Huachuacocha.

Terremoto del 03-10-1974.-

| Intensidad MM | Localidades Afectadas |
|---|---|
| VIII | Callao y Lima Metropolitana (distritos de Lima, San Isidro, La Victoria, Miraflores, etc.). |
| VII | Distrito San Juan de Lurigancho, Vitarte, Ñaña, Chaclacayo, Central Hidroeléctrica de Huampaní. |
| VI | Yanacoto, Chosica, C.H. de Moyopampa, Ricardo Palma Chosica, Santa Eulalia, C.H.J. Carosio, Barba Blanca, Huinco, Casca, Toma Sheque, Cocachacra, Tornamesa, - C.H. Pablo Boner, Surco. |
| V | Matucana, San Mateo, Carampoma, Chicla, Casapalca y algunas lagunas de la cuenca alta. |

## 5.5 REGIONALIZACION SISMOTECTONICA

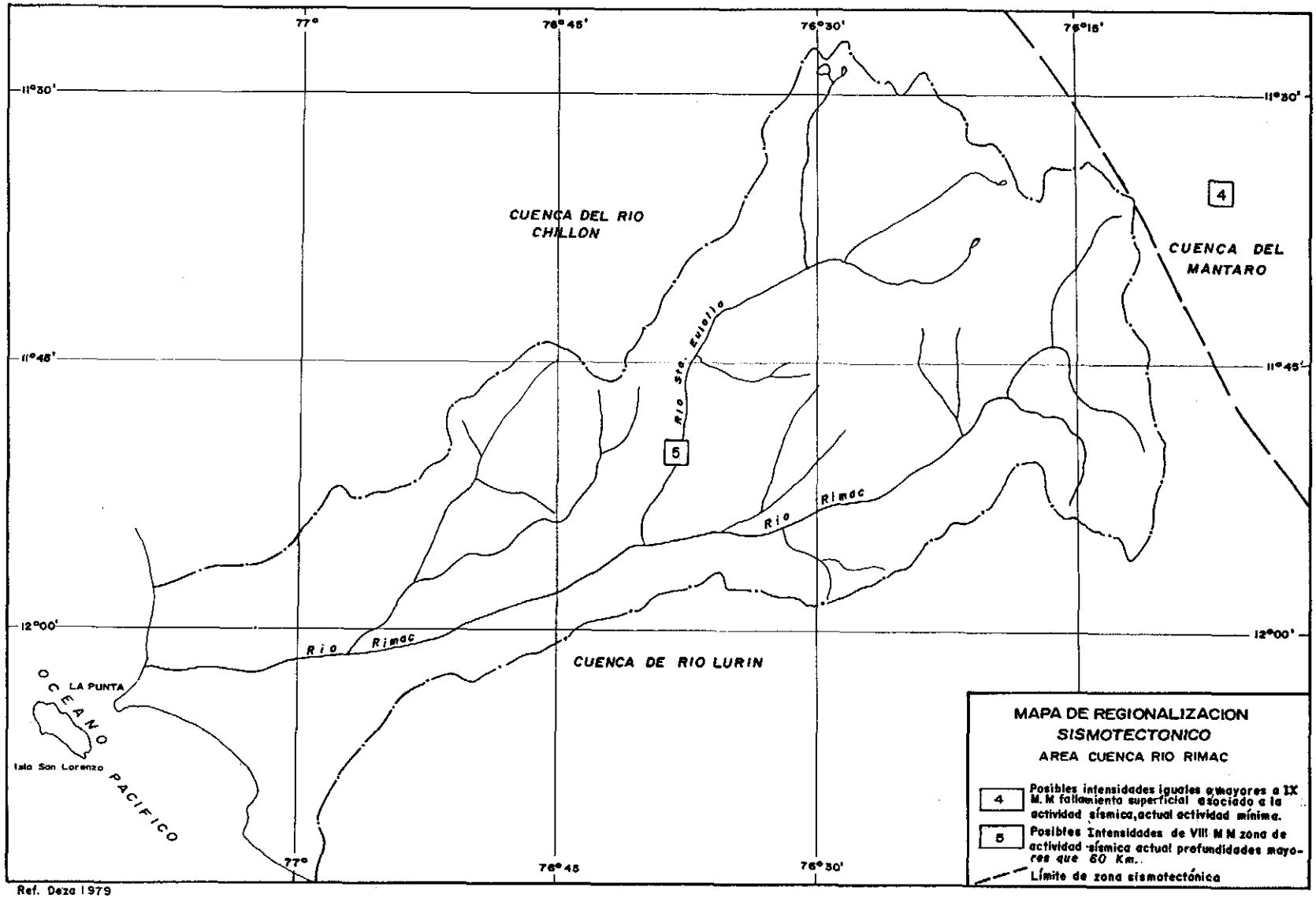
La relación de la sismicidad con la tectónica da como resultado la sismo tectónica. El mapa gráfico N°33 muestra las intensidades máximas (MM) posibles que puede alcanzar la cuenca del Río Rímac y que han sido determinadas por la relación mencionada anteriormente (Deza 1979)

Se espera que en toda la cuenca del Río Rímac, las intensidades máximas-posibles serían de VIII MM y algunos sectores pequeños del cono de deyección, IX MM o más como producto de amplificación de ondas, determinadas por las características del terreno.

## 5.6 ACELERACIONES

En la parte baja de la cuenca del Río Rímac (Cono de Deyección), se han-registrado aceleraciones por medios instrumentales. A continuación presentamos una relación de los principales eventos y las aceleraciones que se han observado. (Cuadro N°10).
Berrocal (1974), presenta una relación entre intensidades y aceleraciones para el área de Lima.

| INTENSIDAD MM | ACELERACION |
|---|---|
| III | 4 cm/seg$^2$ |
| IV | 8 |
| V | 25 |
| VI | 140 |
| VII | 460 |




Ref. Deza 1979

GRAFICO Nº 33

## C U A D R O  N° 10

| FECHA | MAGNITUD | EPICENTRO | PROFUND. | ESTACION | ACELERACION | N° DE REG. | DIST. EPIC. KM. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31-01-1951 | 6 | 12° Lat. S.<br>78° Long.W | -- | I.G. | L = 0.07<br>T = 0.06 | 1 | 100 |
| 17-10-1966 | 7.5 | 10.7 Lat. S<br>78.7 Long.W | -- | I.G. | L = 0.27<br>T = 0.40 | 1 | 200 |
| 31-05-1970 | 7.6 | 9.2 Lat. S<br>78.8 Long.W | 56 | I.G. | L = 0.12<br>T = 0.13 | 1 | 360 |
| 29-11-1971 | 5.3 | 11.2 Lat. S<br>77.8 Long.W | -- | I.G. | L = 0.06<br>T = 0.09 | 1 | 120 |
| 05-01-1974 | 6.6 | 12.3 Lat. S<br>76.4 Long.W | 98 | I.G. | L = 0.09<br>T = 0.11 | 2 | 75 |
| 03-10-1974 | 7.6 | 12.3 Lat. S<br>77.8 Long.W | 13 | I.G.<br>Casa | L = 0.25<br>T = 0.21<br>L = 0.20 | 2 | 80 |
| 09-11-1974 | 7.2 | 12.5 Lat. S<br>77.8 Long.W | 6 | I.G. | L = 0.03<br>T = 0.00 | 2 | 90 |

L = Lontitudinal
T = Transversal
I.G = Instituto Geofísico.

Esta relación entre intensidades máximas observadas y aceleraciones, indican que probablemente se esté subestimando los valores de intensidad - en el punto de observación, puesto que para una aceleración de 245 cm/ - $seg^2$, le corresponde una intensidad de VIII (Donovan); sin embargo po - drían existir condiciones tectónicas en el área de Lima que amplifiquen- las aceleraciones.

## 5.7 FRECUENCIA SISMICA

Cuando se efectúa este cálculo, se puede usar la fórmula :

$$\text{Log. } N(M) = a \pm bM \quad (1)$$

donde :

N (M) = N° de sismos de una magnitud M mayor por unidad de - tiempo.
a y b = constantes
M = Magnitud del sismo.

La frecuencia sísmica para la zona 2 del Gráfico N°34 (Cuenca del Río Rímac) está dada por la fórmula : (Gráfico N°35 y 36).

$$\text{Log. } (N) = 4.273 - 0.832\ M$$

## 5.8 PERIODO DE RETORNO

Por cálculos que continúan después de la frecuencia sísmica es el periodo de retorno que tienen los eventos de magnitudes iguales o mayores a - cierto valor.

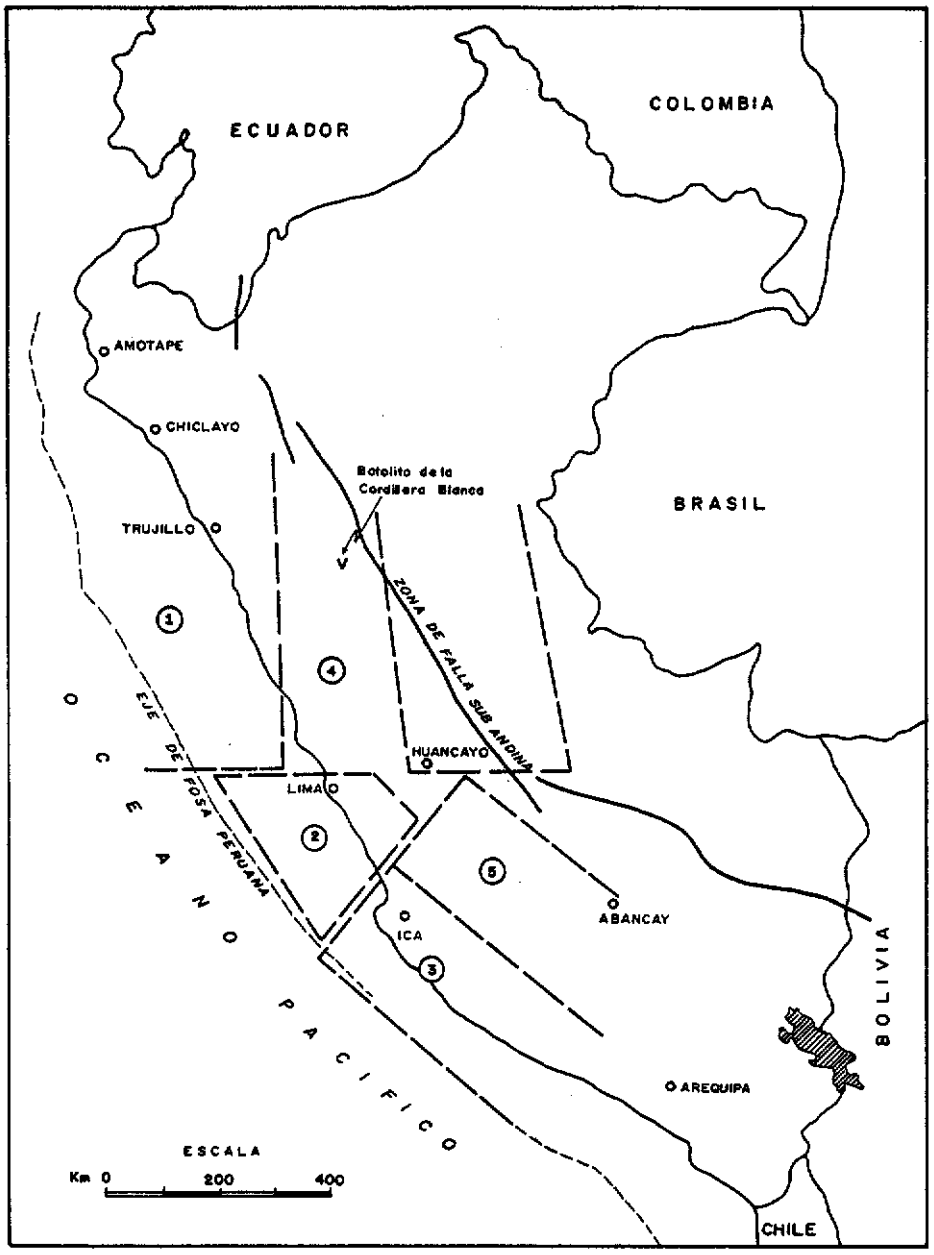
El periodo medio de retorno es igual a

$$r = 1 / n \text{ años}$$

Para un valor determinado de mb y en cuya ecuación n es la frecuencia anual para sismos de determinada magnitud. Gráfico N° 37.

$$\text{Zona 2} \quad \text{Log. } (N) = 4.273 - 0.832\ M$$

| Magnitud | Periodo de retorno |
|---|---|
| mb | r (años |
| 5.0 | 0.77 |
| 5.5 | 2.0 |
| 6.0 | 17.71 |
| 6.3 | 32.63 |
| 6.5 | 51.66 |
| 6.8 | 103.33 |

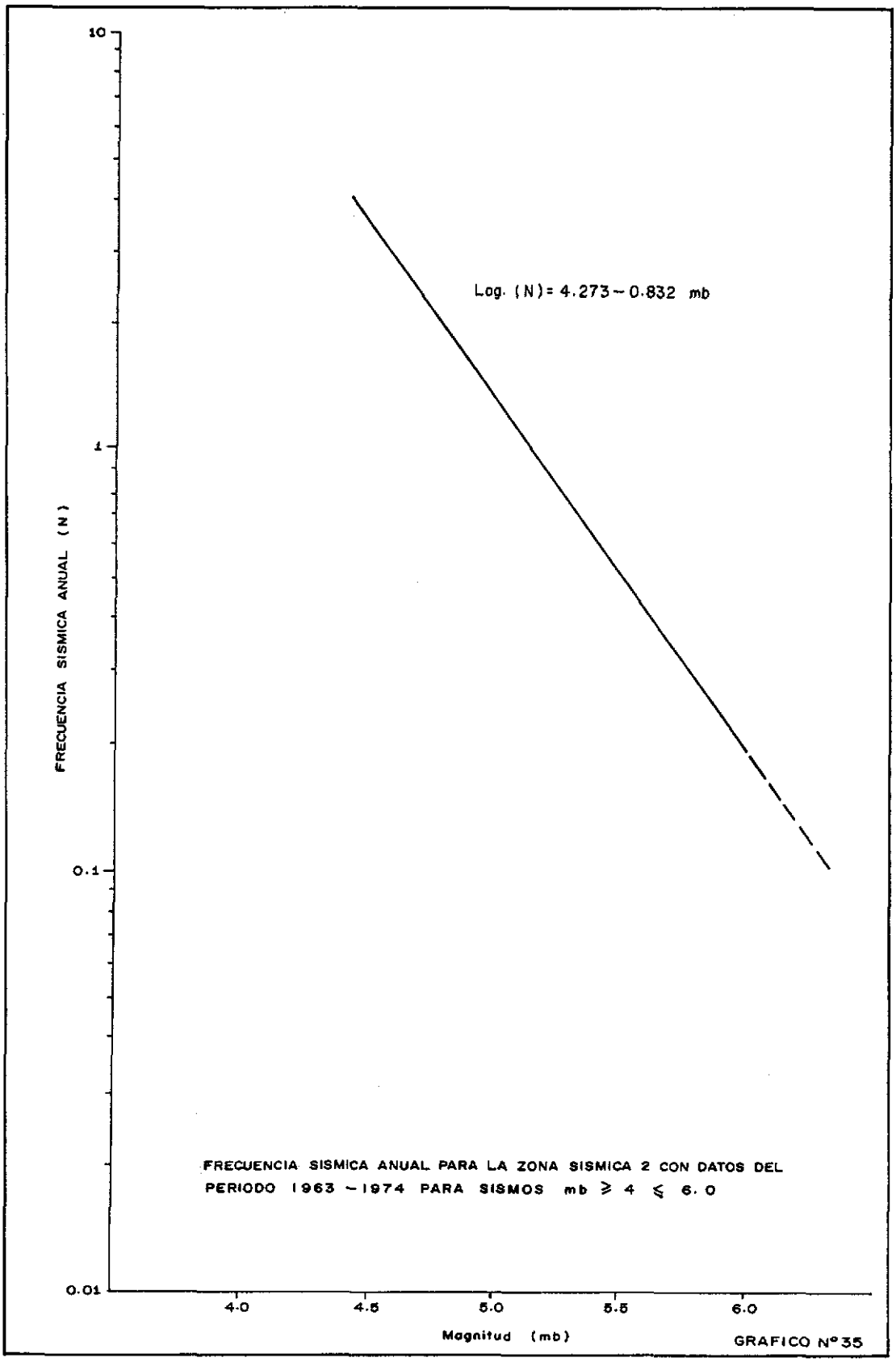



(DATOS PERIODO 10-2-1974)

## ZONAS SISMICAS

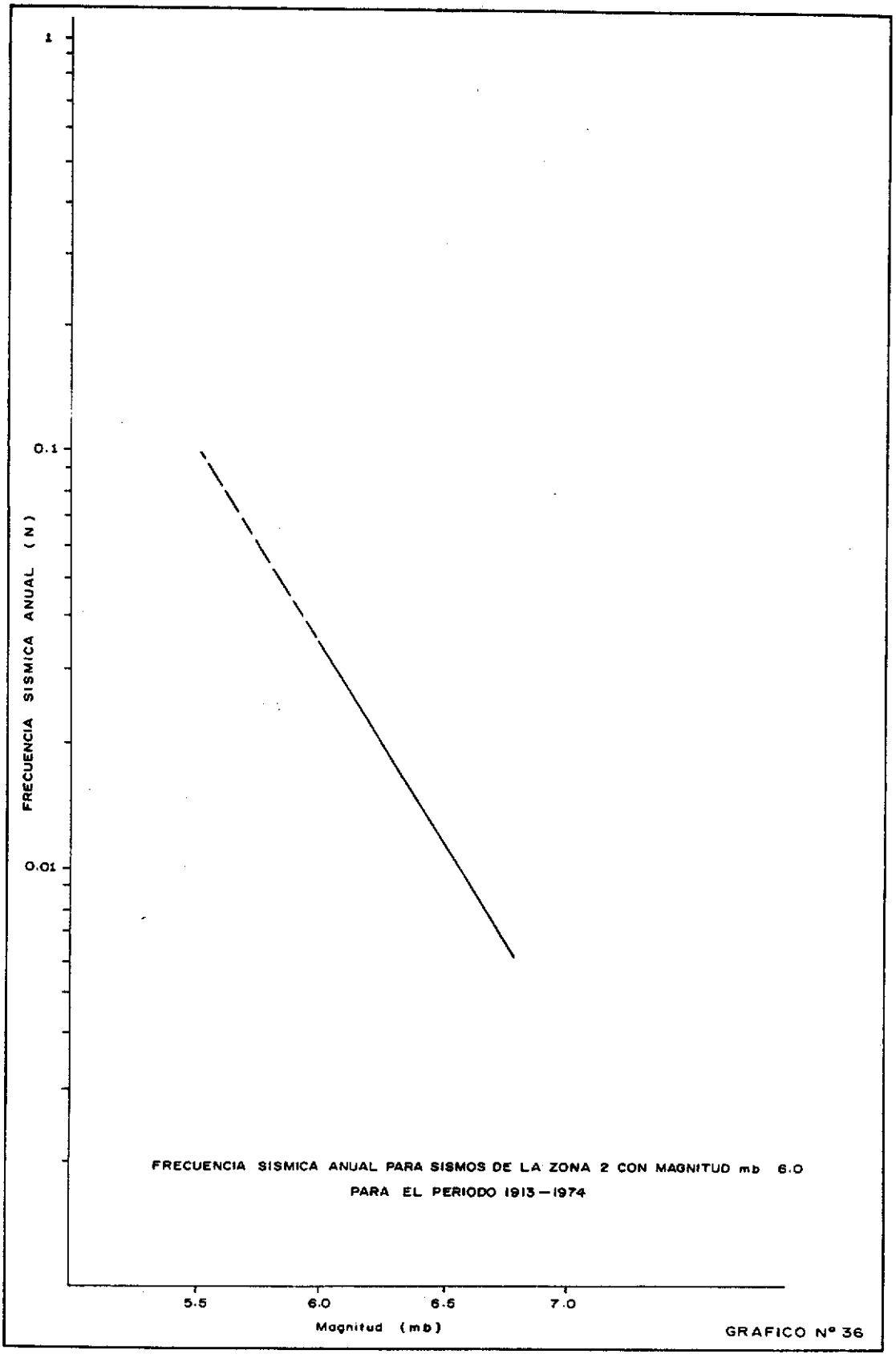
| | | |
|---|---|---|
| | ZONA Nº 1 | Gran concentración de sismos superficiales e intermedios. Tuvo una gran actividad sísmica en el periodo 1963-74 |
| | ZONA Nº 2 | Tectónicamente similar a la Nº 1, aunque en actividad sísmica se parece a la Nº 3 |
| Zonas con alto índice de sismicidad en los próximos 30 a 40 años | ZONA Nº 3 | Ha tenido baja actividad sísmica en el periodo 1963-74 Muestra una distribución uniforme de profundidades locales que se acrecientan progresivamente en relación con la dist.lit. |
| | ZONA Nº 4 | Poca actividad sísmica intermedia y superficial. Se caracteriza por la gran cantidad de sistemas de fallas regionales de dirección NO-SE. Actividad sísmica superficial |
| | ZONA Nº 5 | Principalmente sismos intermedios pero su ocurrencia es menor |

GRAFICO Nº 34



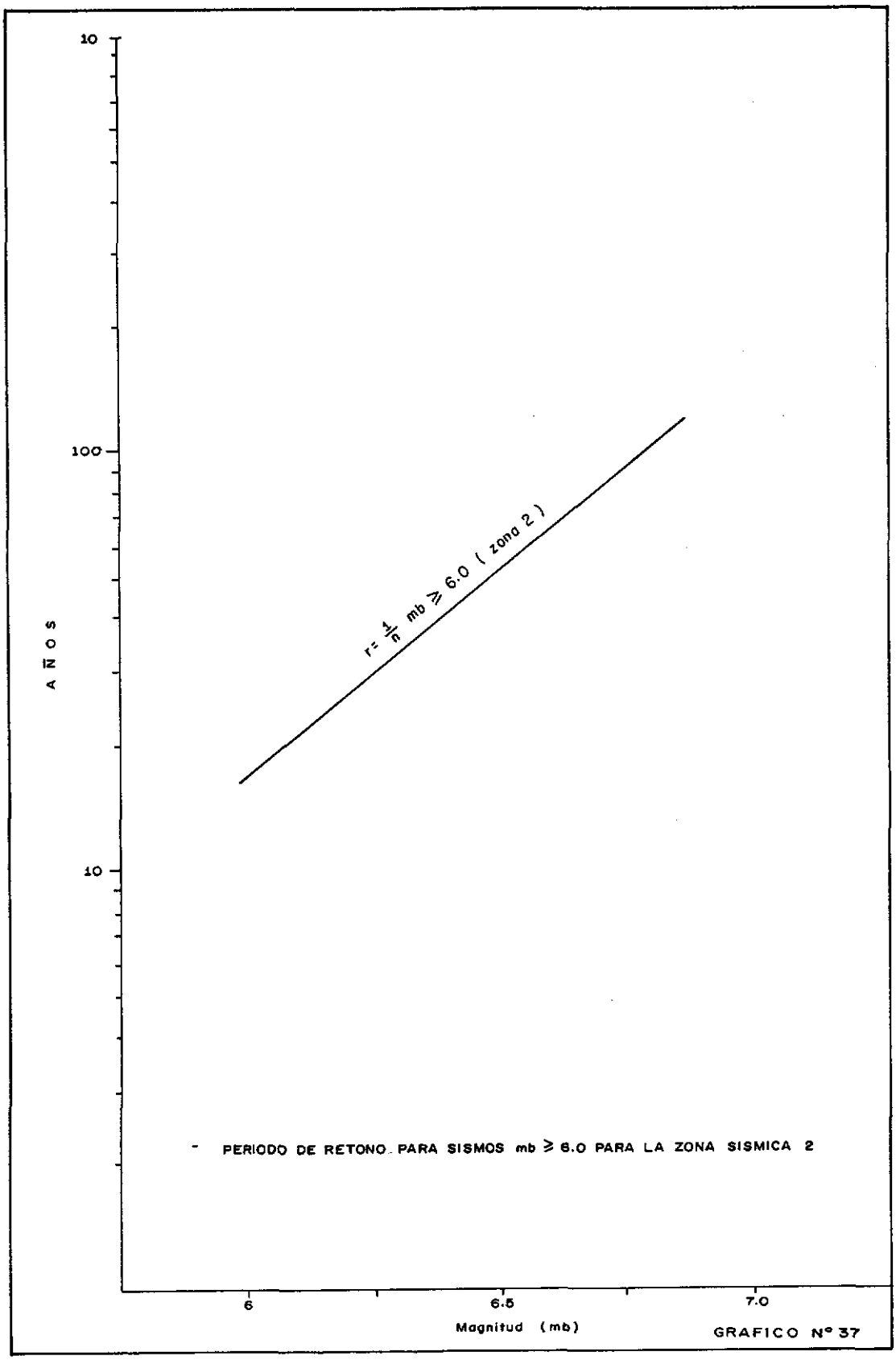

FRECUENCIA SISMICA ANUAL PARA LA ZONA SISMICA 2 CON DATOS DEL PERIODO 1963 – 1974 PARA SISMOS mb ≥ 4 ≤ 6.0

GRAFICO N°35




FRECUENCIA SISMICA ANUAL PARA SISMOS DE LA ZONA 2 CON MAGNITUD mb 6.0
PARA EL PERIODO 1913 — 1974

GRAFICO Nº 36




- PERIODO DE RETONO PARA SISMOS mb ≥ 6.0 PARA LA ZONA SISMICA 2

GRAFICO Nº 37

## 5.9 RIESGO SISMICO

Se ha efectuado los cálculos correspondientes a valores de mb, para la zona 2, este parámetro se vincula directamente con el tiempo de vida de obras de ingeniería.

| mb | Años | Riesgo |
|---|---|---|
| 6.0 | 20 | 67% |
| | 50 | 94% |
| | 100 | 99% |
| 6.3 | 20 | 45% |
| | 50 | 78% |
| | 100 | 95% |
| 6.5 | 20 | 32% |
| | 50 | 62% |
| | 100 | 85% |
| 6.8 | 20 | 17% |
| | 50 | 38% |
| | 100 | 62% |

# 6.0 GEODINAMICA

GENERALIDADES .-

Los fenómenos geodinámicos, como parámetros de las condiciones de seguridad de la cuenca, son los que se refieren a la geodinámica externa (Mapa N°2-4)

Sin embargo es de considerar las fallas antiguas y sistemas de fracturamiento como factores que incentivan un mayor intemperismo. Respecto a las fallas activas es difícil afirmar su presencia a este nivel de estudios.

Los fenómenos de geodinámica externa están vinculados fundamentalmente, a factores climáticos, morfológicos y litológicos. Los pisos climáticos de la cuenca del Río Rímac son variados. En las zonas costaneras es semiárido a árido con escasas precipitaciones y temperaturas que fluctúan entre 10° y 28°; mientras que en las nacientes de la cuenca el clima es gélido, con abundantes precipitaciones y temperaturas bajo cero grados.

La morfología es también cambiante, siendo las fuertes pendientes los que predisponen la activación de algunos fenómenos geodinámicos, tales como deslizamientos y derrumbes.

Es importante considerar el factor litológico, puesto que cada unidad tiene características fisico-mecánicas y composición diferentes, así mismo, un determinado tipo de roca sufre intemperismo diferente en climas diferentes. En la activación de un fenómeno de geodinámica externa, lo más generalizado es que intervengan más de un factor. En la cuenca del Río Rímac dichos fenómenos son de diferente índole y muestran rasgos que indican que en el pasado, posiblemente durante el Pleistoceno, la actividad geodinámica fue mayor en comparación a lo que está ocurriendo actualmente.

## 6.1 FENOMENOS GEODINAMICOS

### 6.1.1 DESLIZAMIENTOS .-

Los deslizamientos como fenómenos que constituyen situaciones de riesgo crítico no se manifiestan en la cuenca del Río Rímac; los pocos casos que ofrecen algún peligro de reactivación son relativamente de pequeña magnitud, aunque sus efectos pueden ser considerables. Tal es el caso de un antiguo deslizamiento que se ubica a la altura del Puente Llicán, sobre la márgen izquierda del Río Rímac (Foto N°2). Muestra, en su parte baja, varios afloramientos u ojos de agua que presumiblemente se filtran a través del plano de contacto entre los materiales del antiguo deslizamiento, y la roca volcánica que tiene como basamento. En determinado momento y al incrementarse las filtraciones podría producirse una reactivación de este deslizamiento que afectaría la estructura del puente, además de represar el Río Rímac. Las evidencias de campo señalan que este antiguo deslizamiento represó el Rímac. Otro sector de deslizamientos que reviste cierto peligro, es el que se ubica en la márgen izquierda de la quebrada Olivos, a la altura donde se inicia su cono deyectivo. En este sector tam -

bién se exponen evidencias de un antiguo deslizamiento que obstruyó dicha quebrada. Actualmente muestra algunos rasgos de reactivación, que es necesario evaluarla puntualmente.

A lo largo del curso del Río Rímac se ha detectado varios palio- - deslizamientos que represaron dicho río; estos vestigios son testimonios de una gran actividad geodinámica en el pasado.

6.1.2 DERRUMBES .-

Estos fenómenos tienen amplia distribución a lo largo del Río Rímac y sus numerosos afluentes. Sin embargo no todos los casos constituyen gran riesgo para las obras de infraestructura que se - ubican en sus inmediaciones. Factor importante para su ocurrencia es la fuerte pendiente de las vertientes y las acumulaciones de escombros en dichos taludes (foto N°4). También es de considerar la litología, fracturamiento y grado de alteración de las rocas que - predisponen estas acumulaciones. A esto hay que añadir el factor- humano, que al abrir carreteras y desarrollar actividades agrico - las y pecuarias, altera constantemente el estado de equilibrio natural de los taludes. Casos típicos se presentan en el sector de- Casapalca y Huariquiña. En el primer caso, un tramo de carretera- de aproximadamente 3 Kms, se ha hecho mediante cortes en la unidad- litológica IV c, cubiertos por coluvios y suelos residuales. Los- taludes naturales, en este sector, tienen 34° de inclinación como- promedio, con un manto de pastos naturales que contribuyen a su estabilidad natural. El problema ha surgido cuando se ha hecho la - carretera, que muestra cortes con taludes de hasta 45°. Estos taludes en cada temporada de lluvias, pierden estabilidad produciéndose interrupciones de la carretera central (foto N°5).

En el área de Huariquiña, también se observan situaciones de inestabilidad de taludes en cortes de carretera y vía férrea. Estos - cortes se han practicado en materiales coluviales heterométricos y con ángulos próximos a la vertical. En estas condiciones se crean efectos de inestabilidad no solo a causa de las lluvias, sino también por las vibraciones que producen a su paso los vehículos pesados y trenes. Estos ejemplos muestran únicamente 2 casos conspi - cuos, pero hay que considerar que el valle del Rímac, desde la confluencia del río Santa Eulalia hasta las inmediaciones de Casapalca muestra una morfología abrupta con un fondo de valle estrecho y taludes muy pronunciados. La carretera y ferrocarril central obras de infraestructura vial importantes, están encausados dentro de este panorama morfológico limitante y por tanto expuestos a daños - causados por derrumbes que ocurren en diferentes tramos (foto N°6)

6.1.3 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS .-

Estos fenómenos se presentan en el valle del Rímac con características genéticas y de activación diferentes, dependientes del grado de fracturamiento, de la litología, pendiente y clima, entre otros. En zonas áridas o de escasa pluviosidad, como es el caso del Pue -

blo Jóven Mariscal Castilla (Chosica) y el de la márgen izquierda del Río Rímac entre el Km. 40 y 48 de la carretera central, lugares donde los desprendimientos se producen en rocas intrusivas - que muestran amplio diaclasamiento a partir del cual se inicia la disyunción esferoidal que en sus procesos avanzados deja numero - sos bloques libres, en estado de equilibrio crítico. Las causas- que incentivan la activación de estos desprendimientos son las - fuertes pendientes de los taludes, la fuerza de gravedad, los sismos y eventualmente las lluvias. De estos se considera a los sismos como los que provocan situaciones de mayor riesgo, ya que en estos casos los desprendimientos se producen simultáneamente, tal como ocurrió durante los terremotos de 1970 y 1974 que provocaron la interrupción de la vía central en diferentes puntos.

En los niveles medios y altos de la cuenca las características de estos fenómenos son algo diferentes : los taludes rocosos presentan una mayor cobertura detrítica que hasta cierto punto contribuyen a estabilizar los bloques sueltos, pero, cuando ocurren las lluvias estacionales, el conjunto pierde cohesión produciéndose - dichos desprendimientos (foto N°7).

Este tipo de fenómenos también los provoca el hombre que en su afán de abrir carreteras hace uso de explosivos que producen fracturamiento de las rocas y aflojamiento de bloques.

### 6.1.4 HUAYCOS .-

En esta denominación se involucran los huaycos propiamente dichos y los flujos de lodo, que a pesar de tener desplazamientos lentos están confinados a canales por donde mayormente evacúan su carga- móvil. Son los fenómenos que tienen mayor incidencia en las condiciones de seguridad de las principales obras de infraestructura especialmente la vial.

Sus efectos no solo son locales, ya que además generan otras situaciones de riesgo, tales como represamientos momentáneos, inundaciones y erosión de riberas. Estos fenómenos tienen 2 modalidades,- en cuanto a la frecuencia de su ocurrencia y los hemos denominado como : Periódicos y Ocasionales. Los primeros se producen normalmente en cada temporada de lluvias y los segundos muy eventualmente, estando relacionados a precipitaciones excepcionales.

Como variables que determinan la ocurrencia de huaycos en la cuenca del Río Rímac, podríamos señalar las abundantes precipitacio - nes pluviales, presencia de grandes volúmenes de materiales sueltos en las vertientes y lecho de las quebradas, pendientes empinadas y vegetación rala.

Estas condiciones se dan, especialmente en el sector comprendido- entre Carachacra y Matucana, donde se ubican las quebradas de A - gua Salada, Río Seco, Verrugas, Quebradas del Area de Surco y Los Olivos. En todas estas quebradas se producen huaycos en cada tem

porada de lluvias con efectos que repercuten en la seguridad de la - carretera y ferrocarril central (foto N°8).

Las áreas de cuenca de dichas quebradas son relativamente pequeñas - en comparación a otras, como las de Parac y Río Blanco, sin embargo, en estos no se producen huaycos tan destructores, a pesar de que en- función de su área concentran mayor cantidad de agua proveniente de- lluvias. La respuesta a este contraste está en que las cuencas de - las quebradas entre Carachacra y Matucana muestran escasa cobertura- vegetal, abundante acumulación de materiales no consolidados tanto - en el lecho como en sus laderas adyacentes, donde se están desarro llando gran actividad erosiva responsable de la remoción en masa.

En estas condiciones, las precipitaciones excepcionales que ocurren- cíclicamente, saturan los materiales inconsolidados de las laderas,- produciéndose, la remoción en masa por gravedad y acción hidraúlica. Estos sedimentos descienden hasta ocupar el lecho de la quebrada, - que es el colector de tales procesos, para luego descender destructo ramente hacia los niveles inferiores. En su trayecto producen ero - sión en las riberas de las quebradas y sufren cambios bruscos en su- dinámica generándose estancamientos y desbordes.

6.1.5 EROSION DE RIBERAS .-

Estos fenómenos en mayor o menor grado, se presentan casi en todo el trayecto del Río Rímac y demás afluentes. Sus causas directas son - las crecientes que ocurren en cada temporada de lluvias y las varia- ciones de su dinámica fluvial.

En la mayoría de los casos, la erosión afecta a riberas naturales y- en otros a riberas formadas por rellenos artificiales que generalmen te sirven como plataforma de algunos tramos de carretera o vía fé - rrea. Estos rellenos muestran poca coherencia por lo que son más - susceptibles a la erosión.

La destrucción se produce no solo por efecto de la acción hidraúlica, sino también, por que estas crecientes arrastran gran cantidad de só lidos que al impactar en los bordes contribuyen notoriamente a la - erosión con efectos colaterales que se reflejan en la destrucción de los terraplenes de la carretera, campos de cultivo y viviendas que - se ubican en el borde del Río Rímac (foto N°9).

Un caso notorio se observa en el sector del puente Infiernillo donde un tramo de ribera en la márgen derecha, de aproximadamente 50 mts.- está soportando un proceso de fuerte erosión que está comprometiendo la estabilidad e integridad del terraplen de la carretera. Su des - trucción paralizaría el tránsito vehicular, cuya emergencia no ten - dría alternativa de solución inmediata por tratarse de un sector en- cañonado. Otro ejemplo es el que se presenta a la altura del Km. - 54.2 (Oscoya) donde se observa fuerte erosión de riberas en la márgen izquierda del Río Rímac, en un tramo de aproximadamente 300 mts.,con efectos de socavamiento y fisuramiento de algunos muros de conten -

ción y cimientos de viviendas (fotos 10 y 11). Casos similares son notorios, entre otros, en el sector de Chosica, Morón y Ñaña (Foto N°12) y que están señalizados en el plano geodinámico.

6.1.6 INUNDACIONES .-

Estos fenómenos ocurren mayormente en la cuenca baja, lugar donde el valle se ensancha y en los que no siempre se cuentan con terrazas lo suficientemente altas para proteger los desbordes (foto N°13). Con menor frecuencia se presentan en algunos tramos de la cuenca media que muestran cierta amplitud de valle. Las inundaciones tienen como causa directa, las crecientes que se producen anualmente, en cada temporada de lluvias que normalmente dura de Enero a Marzo.

Otro factor importante para su ocurrencia es la existencia de tierras bajas aledañas al cauce del río. Tal como ocurre en el sector de Tornamesa (foto N°14 y 15). Este pequeño poblado se ubica en la márgen izquierda del Río Rímac, ocupando terrenos ligeramente más bajas que el lecho actual del río. En estas condiciones se levantaron muros de contención de concreto como medida de protección y que han cumplido su cometido durante cierto tiempo, ya que la constante sedimentación ha reducido su altura útil produciéndose desbordes. Otro caso crítico sucede en el sector de Caraponguillo, en la márgen derecha del Río Rímac, donde anualmente se destruyen grandes campos de cultivo por efecto de las inundaciones.

En la última temporada de lluvias las aguas de inundación, provenientes de este sector llegaron hasta la Planta de Tratamiento de agua de MINEROPERU ubicado en las inmediaciones del puente sobre el Río Rímac, que da acceso a Cajamarquilla, causando graves daños en sus instalaciones.

Aparte de los casos citados existen otros y están señalizados en el mapa respectivo.

Página en blanco

# 7.0 ZONACION DE RIESGO GEODINAMICO

## 7.1 CRITERIOS DE ZONACION .-

Abordar una zonación de riesgo geodinámico, que significa trazar fronteras de varias situaciones de riesgo, siempre será una tarea que difícilmente podrá concretarse ajustándose plenamente a la realidad de los hechos. Más aún, tratándose de la cuenca del Río Rímac, que muestra complejidad en todos los parámetros tomados en cuenta para tal efecto. Dentro de este panorama se ha hecho la presente zonación, para la cual se han tomado en cuenta, como criterios, la concentración de fenómenos de geodinámica externa, así como también los aspectos morfológicos, climáticos, hidrológicos, litológicos, estructurales y sísmicos. La correlación de dichos aspectos ha permitido diferenciar 3 zonas de riesgo geodinámico que se muestran en el mapa N°4-4 y se describen a continuación :

7.1.1 Zona A - De Bajo Riesgo Geodinámico .- Dentro de esta zona se han considerado las áreas donde la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa son de poca magnitud o están excentas de ellas. A esta zona pertenecen las altiplanicies, las superficies planas localizadas en el cono deyectivo alejadas del borde de las terrazas actuales, las zonas de lomas y montes isla, así como también las laderas estables. Además en éstas áreas los efectos sísmicos serán menores por no tener que activar procesos geodinámicos dentro de su área de influencia, donde el riesgo sísmico dependerá del tipo de construcción adoptado.

7.1.2 Zona B - De Riesgo Geodinámico Medio .- Comprende zonas que por sus características morfológicas y litológicas, principalmente muestran manifiesta actividad de fenómenos de geodinámica externa, pero que por su magnitud y frecuencia de ocurrencia no representan grave peligro.
Sin embargo es de considerar que las bruscas alteraciones climáticas, la actividad del hombre y eventuales sismos pueden acelerar dichos procesos.

7.1.3 Zona C - De Alto Riesgo Geodinámico .- Son las zonas altamente sensibles a los fenómenos de geodinámica externa tales como huaycos, erosión de riberas, inundaciones, desprendimientos de rocas, o concentración de estos fenómenos, que se producen periódicamente ocasionando cuantiosos daños a las obras civiles. Las características de esta zona está dada por la pronunciada declividad de los alveos del Río Rímac y su red tributaria de alta densidad de drenaje, con un sistema de erosión fluvial lineal, tiempos de concentración cortos y falta de cobertura vegetal. Así mismo estos procesos tienen relación con la litología heterogénea, constituida por rocas intrusivas, volcánicas y volcánico-sedimentarias, muy fracturadas, diaclasadas y falladas. Todos estos parámetros naturales aunados a la acción del hombre que al quitar el soporte lateral de las laderas naturales ocasionan la inestabilidad y desequilibrio en los taludes generando situaciones de riesgo geodinámico, que incentivados por un eventual movimiento sísmico de una magnitud VII o más, contribuiría a incrementar el riesgo.

Página en blanco

# 8.0 CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS PRINCIPALES OBRAS DE INGENIERIA

## 8.1 CENTRALES HIDROELECTRICAS

### 8.1.1 CENTRAL HIDROELECTRICA DE HUINCO .-

Todas las obras de esta Central Hidroeléctrica están emplazadas entre las localidades de Sheque y Huinco; tramo ubicado en el valle de Santa Eulalia.

Captación Sheque .- Se sitúa en el lugar denominado Sheque, sobre el lecho del Río Macachaca. El proyecto comprende la presa, galerías de descargas, nave desarenador y sistemas de compuertas.

Morfología .- Las obras están asentadas sobre el valle del Río Macachaca cerca a su desembocadura al río Acobamba, delimitada por laderas que constituyen sus flancos, cuyas características son : - flanco izquierdo, talud aproximado de 30° a 40° en andesitas con una cobertura de escombros de ladera de espesor variable entre unos centímetros a varios metros ; flanco derecho, talud variable y moderado, entre 10° y 25° aproximadamente, con cobertura de material cuaternario, superior a 10 m. de espesor.

Roca de Basamento .- Roca Volcánica : andesita gris porfirítica, seudo estratificada, intemperizada y alterada. La roca volcánica se presenta bastante fracturada con fisuras muy inclinadas (80°). En conjunto, la masa rocosa fresca tiene características físicas y mecánicas apreciables y como material de construcción es de buena calidad.

Localmente no se observan estructuras de gran importancia. Regionalmente está afectado por un sistema de anticlinales y sinclinales (*sinclinal de Sheque*), *con estratos que muestran un rumbo casi* uniforme NE/SO, buzando 20 a 30°hacia el Sur. Fallamientos regionales atraviesan la secuencia volcánica y volcánico-sedimentario con rumbo NE/SO, en unos casos, perpendiculares a los ejes sinclinales y anticlinales.

Terreno de Fundación .- Instalado en el cauce del río Macachaca, sobre material fluvio-aluvial, constituido por bloques, bolos, cantos, gravas redondeadas, arenas y finos, poco compacto. Sus características físicas y mecánicas varían de un lugar a otro según su composición.

Para el asentamiento de las obras sus condiciones geomecánicas han sido mejoradas para la seguridad de las obras.

Características Constructivas de la Presa de Sheque .-

Cimentación .- La Presa está cimentada sobre material aluvial que corresponde al lecho del río Macachaca, su espesor varía hasta en-

30 m., adyacente se encuentra la roca sana y compacta, en ella se - ánclan la cimentación llegando a la profundidad de 22 m. (cota 3082) por la que se deduce que su estabilidad e impermeabilidad son suficientes.

Cuerpo de Presa .- Tiene 38 m. de altura y 125 m. de longitud en la corona (cota 3174-60) con orientación N 23°E. Está constituido por un corazón impermeable central y simétrico de arcilla compactada, - protegidos por filtros, transiciones y respaldos permeables, colocados en el paramento; aguas arriba por un enrocado y aguas abajo por gravas y rocas pequeñas. Sus taludes exteriores es de 1 : 1 3/4. - El nivel máximo del agua llega a la cota 3170, existiendo un bordelibre de 4.60 m. El volúmen total de materiales utilizado en la - construcción exceden los 170,000 $m^3$. La presa tiene un aliviadero-controlado por una compuerta radial de 10 x 5 m. ubicado en el lado izquierdo.

Para su construcción se desvió el río Macachaca mediante un túnel - de 1,000 m. de longitud construido en la márgen derecha, de sección semicircular de 2.20 m. de diámetro que hoy es usado como galería - de emergencia en épocas de crecida.

Las obras de toma del túnel a presión está ubicada en el fondo del-vaso, muy cerca al estribo izquierdo maniobrados por una cámara ubicada en caverna. La galería es de sección semicircular de 2.20 m. de diámetro; buen tramo está revestido con concreto.

Para trabajos de mantenimiento del vaso existe un túnel de descarga que nace de la cámara de salida al Río Santa Eulalia, y otro túnel-tipo By Pass que sale del desarenador y da a la galería de presión-que entra en funcionamiento cuando se hace limpieza del vaso.

El desarenador está constituido por un solo pozo con sistemas de - compuertas verticales maniobrados mecánicamente. Su estructura es-de concreto armado y de albañilería de piedra asentada con mortero de cemento arena que se encuentra en buenas condiciones.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos de rocas de poca magnitud - en la margen izquierda y en el tramo comprendido entre el desarenador y reservorio, que ocurren con mayor frecuencia en las tempora - das de lluvia y por incentivación sísmica. En los taludes de corte de la carretera se observan derrumbes menores que obstaculizan el - tránsito normal. Todos estos fenómenos no comprometen la seguridad de las obras instaladas.

Condiciones de Estabilidad de las Obras Civiles .- Por las características que muestran, no presentan signos de filtración ni deformabilidad que comprometan la estabilidad de la Presa, y por consiguiente cumplen con las condiciones de almacenamiento y comportamiento - adecuado.

Para un análisis cuantitativo requiere tener información sobre instrumentación instalada, conocer las propiedades mecánicas de los materiales usados en el Diseño y construcción de la presa que no ha - sido posible conseguir.

Canal, Túnel y Caída .- Están ubicadas entre Sheque y Huinco. Comprende 3.0 Km. de canal, 13.5 Km. de túneles y 12.50 mts. de un sistema mixto de tubería forzada y galería blindada.

Morfología .- La apreciación morfológica de este conjunto de obras no es muy importante, puesto que gran parte de ellas son subterráneas. De un modo referencial se indica que el área donde se emplazan dichas obras, muestran una morfología abrupta con fuertes pendientes. Justamente estas características se han aprovechado para la concepción de esta importante Central Hidroeléctrica.

Roca de Basamento .- Las rocas que constituyen el basamento de los canales, túneles y caída son descritas a partir de observaciones superficiales. Los primeros 5 Km. atraviesan secuencias volcánicas, con predominancia de derrames andesíticos gris porfiríticos que alternan, en menor proporción, con tufos redepositados, tufos lapillíticos, aglomerados volcánicos y ocasionalmente capas de caliza y areniscas tufáceas. Los 4 Km. siguientes atraviesan rocas volcánicas sedimentarias, constituidas por andesitas, flujos de brecha con ocasionales intercalaciones de sedimentos tales como areniscas tufáceas; luego 1 Km. en andesitas, intrusivos subvolcánicos, intemperizados en superficie. Más 5 Km. de rocas volcánicas-sedimentarias que consisten de limolitas, lutitas, areniscas intercalados con volcánicos andesíticos poco compactos; y los 1.5 Km. finales atraviesan secuencias volcánicas andesíticas, masivas, tufos redepositados aglomerados, ocasionalmente capas de caliza y areniscas tufáceas masivas.

Terreno de Fundación .- El canal discurre por terrenos de depósitos coluviales constituidos en una mezcla heterogénea de gránulos, gravas y escasos bloques angulares y subangulares en matriz areno arcilloso. El grado de compactación es variable. El túnel y la caída no atraviesan terrenos de fundación.

Riesgo Geodinámico .- Los fenómenos de geodinamica externa no inciden mayormente en la seguridad de estas obras, por cuanto el canal está construido como conducto cubierto. El túnel atraviesa rocas que han sido descritos anteriormente y su seguridad estaría comprometida únicamente por fenómenos sísmicos de gran magnitud.
La caída tiene un tramo inicial de tubería forzada sin mayor riesgo geodinamico y el tramo final es en galería blindada que por su naturaleza sus condiciones de seguridad son similares al del túnel.

Casa de Máquinas, Patio de Llaves, y Campamento .- Este complejo se ubica en el área de Huinco a 1,845 m.s.n.m. y aproximadamente a 22 Km. de Chosica.

Morfología .- La casa de máquinas está instalada en caverna, el patio de llaves asentada sobre una terraza fluvio-aluvial (foto N°16) y el campamento en una ladera de moderada pendiente, todas ellas en la margen izquierda del Río Santa Eulalia, circundada por cerros de taludes moderados (10° a 20°) y taludes abruptos (30° a 50°) de pen

diente , que constituyen los flancos de valles característicos en - "V" llegando en ciertos tramos al encañonamiento del valle.

Roca de Basamento .-

Casa de Máquinas y Patio de Llaves .- Rocas metamórficas calcáreas de color gris claro a oscuro, de grano fino, silicificados y marmolizados, bien estratificados, afectados por pliegues menores en - Chevron. En ciertas áreas los estratos tienen intercalaciones de - lutitas negras. Tienen gran competencia mecánica y se pueden utilizar como material de construcción.

En conjunto está afectado por un sistema de fracturas que se cortan en ángulo de 90° como consecuencia del plegamiento y fallamiento intenso que afectó la zona.

Campamento .- Roca intrusiva : tonalitas y dioritas que varían de- color, de gris claro a oscuro, holocristalino, de textura granular- mayormente de grano mediano a fino. Superficialmente alterados y - meteorizados mejorando sus condiciones físicas y mecánicas en pro - fundidad.

La masa rocosa se encuentra atravezada por un sistema de fracturas, que entre sí, forman ángulos de 90°. Subordinados a estos se tie - nen fracturas secundarias. Se observan fallas locales, paralelas - entre sí con dirección NO/SE y transversales al eje de la quebrada. La roca es de buena calidad por su apreciable competencia mecánica.

Terreno de Fundación

Casa de Máquinas y Patio de Llaves .- La casa de máquinas está instalada en caverna. El patio de llaves está asentada sobre una te - rraza fluvio-aluvial consistente de mezcla heterogénea de gravas, - cantos y bolos redondeados y subredondeados en matriz areno-arcillo so, poco compacto, de permeabilidad media a alta. Para el asenta - miento de la obra se realizó el mejoramiento mecánico del suelo mediante compactación.

Campamento .- El campamento está asentado sobre suelo de origen co luvial constituido de una mezcla heterogénea de gravas, cantos y - bloques angulares y subangulares en matriz arcillo-arenoso, compacto, que constituyen laderas de mediana estabilidad.

Riesgo Geodinámico .- La casa de máquinas está instalada en caverna. Los efectos de los fenómenos de geodinámica interna estarán en relación a la magnitud de los eventos sísmicos.
En los taludes del flanco izquierdo adyacentes al patio de llaves,- y el campamento, ocurren pequeños desprendimientos de rocas y algunos procesos de erosión en cárcavas; estos desprendimientos se activan especialmente en épocas de lluvias o por incentivación sísmica, no comprometiendo mayormente la seguridad de las instalaciones.

## 8.1.2 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALLAHUANCA (BARBA BLANCA)

Se ubica en la márgen izquierda del Río Santa Eulalia a 1,395 m.s. n.m. y aproximadamente a 13 Km. de Chosica. La disposición de las obras de esta central se muestran en el plano N°

Captación Huinco .- Se ubica en el valle de Santa Eulalia a una cota de 1,845 m.s.n.m. y a 22 Km. aproximadamente de Chosica. Comprende una presa de almacenamiento (foto N°16), canales y sistemas de compuertas.

Morfología .- Instalada sobre el lecho fluvial del Río Santa Eulalia, delimitados por laderas que constituyen sus flancos y cuyas características son : flanco derecho, talud aproximado 50° labrados en rocas metamórficas con una cobertura cuaternaria poco potente. Flanco izquierdo, de moderada pendiente (30 a 35°) labrado en material rocoso con poca cobertura cuaternaria.

Roca de Basamento .- Rocas metamórficas calcáreas silicificadas y marmolizadas de color gris claro a oscuro, de grano fino, bien estratificado, afectado por pliegues menores en Chevron.
En ciertas áreas los estratos tienen intercalaciones de lutitas negras. En superficie poco intemperizado y fracturado, con buena resistencia al golpe. El conjunto está afectado por un sistema de fracturas que se cortan en ángulo de 90°.

Terreno de Fundación .- En el lecho del Río Santa Eulalia, constituido por depósitos fluviales, conformado de bolos, cantos, gravas, arena y arcilla, poco compacto y de alta permeabilidad. Las condiciones físicas y mecánicas para la construcción de estas obras han sido mejoradas.

Características Constructivas de la Presa de Huinco .- Se cimienta sobre roca calcárea silicificada en cuyo contacto se ubican los filtros horizontales así como también los piezómetros que están instalados a diferentes profundidades.

La presa es de escollera con un volúmen de material usado en el relleno de 110,000 $m^3$, tiene una pantalla impermeable en el lado de aguas arriba con losa de concreto armado de 0.20 de espesor.

La altura total es de 23 m., con ancho en la coronación de 5 m. y una longitud de 63 m. en la cota 1873.67, los taludes de sus paramentos es de 1 : 1 1/2 tanto aguas arriba como abajo.

El nivel máximo del agua llega a la cota 1867, existiendo un borde libre de 6 m. la capacidad de agua embalsada es de 206,000 $M^3$. El lecho del vaso lleva un revestimiento de piedra canteada, en el curso del río está canalizado lo que facilita el drenado cuando se hace limpieza del material sedimentado.

En el estribo izquierdo tiene doble aliviadero de 5 x 6 cada uno construido de concreto armado capaces de descargar 10 $M^3$/seg. así mismo dentro de la estructura existen galerías de inspección y cámara de instrumentos. La alimentación es a través del Río Santa Eulalia.

Riesgo Geodinámico .- En las laderas del flanco derecho e izquierdo se producen desprendimientos de rocas de poca magnitud que ocurren con mayor frecuencia en épocas de lluvias o por incentivación sísmica. Estos desprendimientos juntamente con los escombros de talud aceleran la colmatación del reservorio.

Condiciones de Estabilidad de las Obras Civiles .- Dada la información técnica superficial y la estrechez económica no se pudo llegar a un análisis de comportamiento, pero de las observaciones hechas en campo y de las características anotadas se puede afirmar que no presenta ningún tipo de grietas ni deformabilidad de la estructura y por consiguiente satisface las condiciones de estabilidad y de permeabilidad, salvo pequeñas erosiones en el talud aguas abajo de la presa causadas probablemente por el tránsito de moradores y visitantes.

Toma de Pablo Boner .- Se ubica en la margen derecha del Río Rímac a 1,885 m.s.n.m., a la altura del Km. 65 de la carretera central (foto N°17).

Morfología .- Instalada sobre una terraza fluvio-aluvial en la márgen derecha del valle del Río Rímac, circundada por cerros cuyas pendientes en ambos flancos oscilan entre 20° a 55° que culminan en cerros de formas redondeadas y elongadas.

Roca de Basamento .- Roca intrusiva : constituida por grano - diorita y tonalita de color gris claro a oscuro, holocristalino, de textura granular, mayormente de grano mediano a fino. - Estas rocas superficialmente se hallan alteradas y meteorizadas, que generan escombros de talud.

Estructuras .- La masa rocosa se encuentra afectada por un - sistema de fracturas que entre sí forman ángulos de 90°, predominando las junturas de tipo vertical, encontrándose otra serie de fracturas pequeñas subordinadas a las anteriores. Se - observan pequeñas fallas transversales al eje del río. Sus - condiciones geomecánicas son buenas; así mismo su calidad como material de construcción es apropiada.

Terreno de Fundación .- Asentada sobre una terraza fluvio-aluvial en la márgen derecha del Río Rímac, constituido por una mezcla heterogénea de gravas, cantos y bolos redondeados y subredondeados en matriz limo-arcilloso, medianamente compacto, de alta permeabilidad. Las condiciones geomecánicas han sido mejoradas por compactación para el asentamiento de la obra.

Riesgo Geodinamico .-

Toma de Pablo Boner .- Pequeña erosión fluvial en la base del pozo de sedimentación.

Canal, Túnel y Caída (Tramo Huinco - Callahuanca) .- Se emplaza en la margen izquierda del Río Santa Eulalia y comprende un canal de 2.5 Km., túnel de 6 Km. y una caída de 436 mts. (foto N°18).

Morfología - Tramo Huinco - Callahuanca .- El canal cruza una ladera de pendiente moderada, por la márgen izquierda del Río Santa Eulalia como conducto cubierto. El túnel atraviesa los cerros Huanturma y Huayacocha de pendientes abruptas en los primeros tramos y de pendientes moderadas en los últimos tramos. La caída constituida por tubería forzada está asentada sobre una ladera de fuerte a moderada pendiente (10° a 30°), en la márgen izquierda del río Santa Eulalia.

Roca de Basamento:- Tramo Huinco - Callahuanca .- El canal discurre laderas, cuya roca de basamento está constituido (500 m. aproximadamente) de roca metamórfica calcárea, silisificada; el túnel atraviesa íntegramente rocas intrusivas (8 Km.) que son tonalitas y granodioritas de color gris claro a oscuro, holocristalino de grano medio a fino, en profundidad estas rocas se encuentran poco alteradas y su competencia mecánica y propiedades físicas son buenas. La ladera de caída tiene como roca de basamento, dioritas sin mayor cobertura detrítica y con alteración superficial.

Estructuras .- Están comprometidas por fracturamientos como consecuencia de plegamientos y fallamientos regionales; en superficie se observan estas discontinuidades, abiertas en unos casos y en otros, rellenados o milomitizados. Los intrusivos están afectados por un sistema de fracturas, predominando la junturas verticales a la oblicuas y horizontales; estas fracturas dividen a la roca en paralelepípedos que por incentivación sísmica o lluvias se desprenden.

Terreno de Fundación .- El canal discurre por terrenos de depósitos coluviales, constituidos por una mezcla heterogénea de fragmentos rocosos, gravas, cantos angulosos y subangulosos en matriz areno-arcilloso; su grado de compactación varía de un lugar a otro, de permeabilidad media a alta. Sus condiciones geotécnicas han sido mejoradas para la construcción del canal. El túnel no atraviesa terrenos de fundación. La caída o tubería forzada está anclada sobre roca teniendo seguridad la obra. Los materiales de recubrimiento no tienen tanta importancia en este sector; forman taludes de escombros, depósitos de ladera y pie de monte de litología heterogénea y heterométrica.

Riesgo Geodinámico

Canal, Túnel y Caída .- Sin mayor riesgo de geodinámica externa. Los efectos de los fenómenos de geodinamica interna estarán supeditados a la magnitud de los eventos y a la calidad constructiva de las obras ejecutadas.

Túnel (Tramo Pablo Boner - Callahuanca) .- Este túnel tiene 20 Km. de longitud y trasbasa las aguas del Río Rímac al Río Santa Eulalia. En su trayecto tiene varias ventanas.

Morfología .- El túnel atraviesa una cadena de cerros desde su entrada hasta su salida, habiéndose desarrollado un 35% en rocas

volcánicas-sedimentarias y un 65% en rocas intrusivas.

Roca de Basamento .- El túnel atraviesa rocas de diferente litología : los primeros 4 Km. consisten de rocas tonalíticas y granodioríticas con condiciones físicas y mecánicas buenas, en superficie - muestran alteración. Los siguientes 7 Km. atraviesan rocas del tipo volcánico-sedimentario, constituido por andesitas, flujos de brecha, andesitas tufáceas con ocasionales intercalaciones de arenis - cas tufáceas en estratificación masiva y subhorizontales, alterados y meteorizados en superficie.

Estructuras .- Las rocas intrusivas están afectadas por un sistema de fracturas superficiales, por lo que sus condiciones geológicas y geotécnicas deben mejorar en profundidad.
Las rocas volcánico-sedimentarias muestran fracturamientos perpendiculares y oblicuos a los estratos que probablemente sean consecuencia de los plegamientos y fallamientos que afectan a esta serie. - Los ejes de los pliegues y rumbo de fallas son perpendiculares al - eje del túnel.

Casa de Máquinas y Campamento .- Se ubican en la márgen izquierda del Río Santa Eulalia a 1,395 m.s.n.m. y a 13 Km. de Chosica, aproximadamente. El lugar también se denomina Barba Blanca.

Morfología .- Esta infraestructura está asentada sobre una terraza aluvial, en la márgen izquierda del valle de Santa Eulalia, con una suave pendiente de 5°aproximadamente, circundada por cerros de flancos abruptos con pendientes que oscilan entre 20° a 50° aproximadamente.

Roca de Basamento .- Roca Intrusiva : dioritas cuyo color varía de gris claro al gris oscuro con matices verdosos, fanerítico, textura granular, de grano mediano a fino, intemperizado y alterado en su - perficie, que al disgregarse generan los escombros de talud.

Estructuras .- La masa rocosa está afectada por diaclasamientos en las que predominan las junturas verticales. Estas discontinuidades en superficie, son abiertas y en otros casos rellenados o milonitizados. Pueden haber fallas locales que se confunden mayormente con fracturas abiertas.
No se observan estructuras mayores. Tienen buena competencia mecánica.

Terreno de Fundación .- Asentada en una terraza aluvial constituida por fragmentos rocosos angulares y subredondeados a redondeados, gravas y cantos en matriz areno arcilloso, de permeabilidad media a alta, de mediana compacidad.
Las condiciones geomecánicas del suelo han sido mejoradas por compactación para el asentamiento de las obras.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos de rocas de poca magnitud- en las laderas de la margen derecha del río Santa Eulalia que ocu - rren con mayor frecuencia en épocas de lluvia o por actividad sísmica.

Comportamiento Sísmico .- Estas obras de Ingeniería por proporcionar servicio eléctrico a la Gran Lima, constituyen un medio vital para el desarrollo de la ciudad; razón por la cual, para minimizar los efectos destructores de un eventual terremoto severo, se plantea revisar los diseños lo que permitiría evaluar sus condiciones reales de seguridad, a fin de poder subsanar posibles deficiencias, para esto se requiere :

- Conocer las propiedades mecánicas del material que forman el cuerpo de la Presa.
- Conocer la posición de la línea de saturación.
- Localización del círculo de posible fallamiento.

Conocido estos parámetros se procederán con el análisis del comportamiento sismo-resistente.

Para el cálculo del coeficiente sísmico, en vista de no disponer de un espectro de aceleraciones, se sugiere usar del terremoto del Centro-California cuya A máx = 0.30 g. puesto que los últimos ocurridos en el Perú (1970 y 1974) son menores, mientras que para el área en estudio, de acuerdo a la sismicidad esperamos una aceleración mayor de 0.30 g. por mediciones de onda hechas en algunas Presas de tierra similares a la de Huinco y Sheque, se estiman que las velocidades de corte para material aluvial es 100 m/seg., en roca sana considerando un amortiguamiento del 20% , los coeficientes de diseño para diversas cuñas deslizantes en el análisis de comportamiento sismo-resistente deben considerarse valores de 0.20 a 0.38 para Huinco y 0.24 a 0.42 para Sheque.

### 8.1.3 CENTRAL HIDROELECTRICA MOYOPAMPA (Juan Carosio-Chosica) .-

Toma de Callahuanca (Barba Blanca) .- Se ubica en la márgen derecha del Río Santa Eulalia, a 1,395 m.s.n.m. y a 13 Km. de Chosica aproximadamente.

Morfología .- Asentada en la orilla derecha del valle del río Santa Eulalia, sobre una terraza fluvio-aluvial circundada por cerros con flancos de pendientes que oscilan entre moderadas (10 a 20°) a abruptas (20° a 50°).

Roca de Basamento .- Roca intrusiva de tipo tonalita, diorita, de textura holocristalina, color gris claro, de grano grueso a medio, intemperizado en superficie; las condiciones geomecánicas aumentan en profundidad.

Terreno de Fundación .- Instalado sobre una terraza aluvial, constituida por una mezcla heterogénea y heterométrica de gravas, cantos, bolos redondeados y subredondeados en matriz areno-arcillosa, poco compactos, de alta permeabilidad.
Las condiciones geomecánicas del suelo han sido mejoradas y tratadas antes para la instalación de la obra.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos de rocas en poca magnitud y derrumbes en el talud de la márgen derecha del río Santa Eulalia que ocurren con más frecuencia en épocas de lluvia y por movimientos sísmicos, y que pueden comprometer las instalaciones de la casa de máquinas y colmatar la toma.

Túnel y Caída .- El túnel se inicia en la margen derecha del río Santa Eulalia (sector Barba Blanca), tiene una longitud de 12.5 - Km. y la caída es de 480 mts.

Morfología .- El túnel atraviesa los cerros : Buena Vista, Piedra Larga y cerros de Chosica, cuya configuración morfológica está determinada por laderas de pendientes abruptas entre los 30° a 35° aproximadamente. La caída está ubicada en el cerro de Chosica sobre una pendiente de 48° aproximadamente.

Roca de Basamento .- Roca intrusiva de tipo tonalita-diorita de - textura holocristalina, color gris claro de grano grueso a medio, intemperizada por alteración de los feldespatos, presentan descamación, estructura tabular y erosión esferoidal.

Estructuras .- La roca está afectada por un sistema de fracturas predominando las verticales y oblicuas, a estos, se encuentran subordinados otras fracturas menores que lo dividen en bloques. En conjunto la masa rocosa es compacta, aumentando esta compacidad - en profundidad. Como material de construcción es buena.
Tiene gran competencia mecánica.

Riesgo Geodinámico .- El túnel no está afectada por los fenóme - nos de geodinámica externa. Frente a los fenómenos de geodinámica interna depende de la magnitud del evento, así como del tipo - de construcción de la obra.

Casa de Máquinas .- Está emplazada en superficie sobre una te - rraza aluvial del Río Rímac; ubicada en la localidad de Chosica - (Moyopampa) a 880 m.s.n.m. y a 45 Km. de Lima.

Morfología .- Asentada sobre una terraza fluvio-aluvial en el - márgen derecho de la Unidad morfológica "Valle" del Río Rímac, delimitada por cerros escarpados, abruptos y alargados, dando una - topografía aguda.

Terreno de Fundación .- Suelo poco potente de depósitos fluvio - aluviales compuestos de bolos, gravas y cantos, englobados en matriz areno-arcilloso, poco compacto, de permeabilidad media. El-suelo ha sido mejorado mediante compactación antes de instalarselas obras.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos de rocas sueltas que se - producen con mayor frecuencia en épocas de lluvias y también por-incentivación sísmica.

## 8.1.4 CENTRAL HIDROELECTRICA DE HUAMPANI .-

Toma de Chosica .- Se ubica en la márgen derecha del Río Rímac a 850 m.s.n.m. y a 45 Km. de Lima.

Morfología .- Asentada sobre el lecho del Río Rímac donde el valle es amplio, en ambos flancos existen cerros altos de taludes abruptos a moderados que terminan con formas agudas y elongadas.

Roca de Basamento .- Roca intrusiva de tipo tonalita-diorita de color gris claro, de grano grueso a medio intemperizado por alteración de los feldespatos. Su competencia mecánica y condiciones geotécnicas se consideran buenas.

Terreno de Fundación .- Instalado sobre depósitos fluviales, constituidos por gravas, cantos redondeados con arena gruesa y fina, poco compactos, de alta permeabilidad; como material de construcción es de buena calidad. Antes de instalar la obra se han mejorado sus condiciones geomecánicas.

Riesgo Geodinámico .- Erosión fluvial e inundaciones por crecidas ocasionales en épocas de lluvia y que pueden afectar las estructuras de la toma.

Canal, Túnel y Caída .- Estas obras están emplazadas en la márgen derecha del Río Rímac, y comprende un canal de 2.4 Km., túnel de 6 Km. de longitud y una tubería de presión de 175 mts. de caída.

Morfología .- El canal discurre al pie de las laderas de los cerros Quirio y Santa María, luego continúa el túnel a través de los cerros Santa María y Huampaní.

Roca de Basamento .- Roca Intrusiva : tonalita y diorita, intemperizada y alterada en superficie, con procesos de descamación y disyunción esferoidal.

Estructuras .- La masa rocosa se encuentra atravezada por un sistema de fracturas que entre sí forman ángulos de 90°; subordinados a estos se tienen fracturas secundarias. En conjunto la masa rocosa tiene condiciones geológicas y geotécnicas muy favorables, ya que el fisuramiento disminuye rápidamente con la profundidad. Como material de construcción es buena.

Terreno de Fundación .- El canal discurre en aproximadamente 1.5 Km. sobre material fluvial que tiene las mismas características descritas anteriormente, pero para la construcción de la obra se han mejorado sus condiciones. El canal discurre inicialmente como conducto cubierto y aproximadamente 1 Km. discurre como canal abierto sobre material rocoso de condiciones físicas y mecánicas muy apreciables.
El túnel atravieza masas rocosas de buena calidad.

Riesgo Geodinámico .- Sobre el canal, que discurre al pie de- las laderas se producen desprendimientos de rocas por efecto - de lluvia o por incentivación sísmica. El túnel y caída no - tienen riesgo de geodinamica externa.

Casa de Máquinas .- Se ubica en Huampaní Alto, en la márgen - derecha del Río Rímac a 645 m.s.n.m. y aproximadamente a 35 Km. de Lima.

Morfología .- Instalado sobre una terraza aluvial sobre la - márgen derecha del Río Rímac.

Roca de Basamento .- La roca de basamento tiene las mismas pro piedades anteriormente descritas en la parte correspondiente - al túnel y caída.

Estructuras .- Poseen las mismas características estructura - les correspondientes a las descritas para el túnel.

Terreno de Fundación .- Instalada sobre una terraza fluvio-a- luvial conformada por una mezcla heterogénea y heterométrica - de fragmentos rocosos subangulares a redondeados, gravas, cantos y bolos en matriz areno-arcillosa, compacto, de permeabili dad media. Antes de instalar la obra el suelo ha sido mejorado en sus condiciones de resistencia mediante compactación.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos ocasionales de rocas - sueltas en la parte alta del cerro de Huampaní, que pueden pro ducirse en épocas de lluvia o a causa de movimientos sísmicos. Mayormente estos desprendimientos no comprometen la seguridad- de las obras.

### 8.1.5 CENTRAL HIDROELECTRICA PABLO BONER

Toma de Tamboraque .- Se encuentra ubicada en la márgen derecha del Río Rímac en el Km. 88 de la carretera central y sobre una cota de 2,928 m.s.n.m. (foto N°19).

Morfología .- Instalada sobre el lecho fluvial en el valle del Río Rímac, circundado por cerros de pendientes abruptas a mode radas que culminan en formas agudas y alargadas con cobertura- cuaternaria de espesor variable.

Roca de Basamento .- Lavas y brechas andesíticas de color - gris azulado a verdoso, muy meteorizados y alterados en superficie.

Estructuras .- Las rocas volcánicas se presentan bastante - fracturadas con un juego de junturas casi verticales, predominantemente; por lo menos en superficie la mayor parte de estas junturas, están abiertas, disminuyendo en profundidad. Su com petencia mecánica y condiciones geotécnicas son buenas. Regio

Terreno de Fundación .- No atraviezan terrenos de fundación, sin - embargo en su parte exterior sobre las laderas se encuentra una cobertura cuaternaria que forman conos de escombros y depósitos coluviales de potencia variable.

Riesgo Geodinámico .- El túnel atravieza la masa rocosa y la caída está construida como galería blindada y no está afectada por ries - gos de geodinámica externa. Los efectos que puedan derivarse de - los fenómenos de geodinamica interna están supeditados a la calidad de la construcción y a la magnitud de los sismos.

Casa de Máquinas .- Está ubicada en la márgen derecha del Río Rímac a 1885 m.s.n.m. y a la altura del Km. 64 en la carretera cen - tral. (foto N°17).

Morfología .- Asentada en la mafgen derecha de la unidad "valle" - del Río Rímac, delimitados por laderas que constituyen sus flancos- con taludes entre los 30° a 50°labrados en rocas intrusivas grano - dioríticas y con cobertura detrítica de potencia variable.

Roca de Basamento .- Roca intrusiva : tonalita, granodiorita, co - lor gris azulado en fresco, de textura granular mayormente de grano mediano a fino, superficialmente se hallan alterados y meteorizados que al disgregarse derivan a escombros de talud.

Estructuras .- La masa rocosa se encuentra afectada por un sistema de fracturas que entre sí forman ángulos de 90°, predominando las - junturas del tipo vertical, dando una estructura columnar, encon - trandose otra serie de fracturas subordinadas a las anteriores. Las condiciones constructivas de la roca son buenas. Como material de- construcción son de buena calidad.

Terreno de Fundación .- Instalada sobre una terraza fluvio aluvial compuesta de fragmentos rocosos heterogéneos y heterométricos como- gravas, cantos, redondeados a subredondeados en matriz areno-arci - llosa de compacidad media y alta permeabilidad.

Su competencia mecánica ha sido mejorada por compactación antes - de la instalación de la obra.

Riesgo Geodinámico .- Desprendimientos de rocas de poca magnitud en los taludes adyacentes a la casa de máquinas, producidos por efecto de lluvias y por movimientos sísmicos.

## 8.2 PLANTA DE TRATAMIENTO LA ATARJEA

Ante la demanda de agua tan grande de Lima Metropolitana, la Empresa de Saneamiento SEDAPAL (el año 1966), para incrementar y hacer más efectiva el abastecimiento de agua potable a la ciudad, materializa el Proyecto con la construcción de la Planta de Tratamiento de agua "Gustavo Jaüregui" Atarjea a fines de 1968 y que comprende : bocatomas, conductos de- aducción, desarenadores, estanques reguladores, almacen de reactivos, - presedimentadores, decantadores, filtros y sistema de distribución.

Este complejo se ubica en la márgen izquierda del Río Rímac frente a la Urbanización Campoy y a una altura aproximada de 225 m.s.n.m.

Morfología .- El área que ocupa las diferentes instalaciones de esta - planta corresponde al cono deyectivo del Río Rímac. Localmente las o - bras de captación ocupan el lecho fluvial y las demás instalaciones el- llano aluvial. En el sector oeste de dichas instalaciones se presentan algunos montes, islas relativamente bajos.

Roca de Basamento .- Los montes isla situados muy próximos a la planta están constituídas por tonalita-dioritas, con dos sistemas de fractura- mientos predominantes : Norte-Sur y Noroeste-Suroeste (Oscar Palacios - Mapa Tectónico de Lima). Por la proximidad de estos afloramientos se - presume que el basamento del potente colchón aluvial tenga característi cas litológicas y de fracturamiento similares.

Terreno de Fundación

8.2.1 Bocatoma (Captación) .- Instalado y asentado sobre el lecho y de pósitos fluviales del Río Rímac, constituidos por gravas, cantos- redondeados con arena y limos; medianamente compactos, de permea- bilidad media a alta. Las condiciones geomecánicas del suelo ha- sido mejoradas antes de la ejecución de las obras.

Desarenador .- Estanque Regulador - Sedimentadores - Desificado - res - Depósitos de Regulación - Laboratorio .- Están asentados - sobre material aluvial conformado por una mezcla heterogénea de - gravas, bolos, cantos redondeados a subredondeados en matriz are- no, arcilloso y areno-limoso con cierto grado de compactación, de permeabilidad media.

Se hace notar que en el lado norte donde se encuentra ubicada los Depósitos de Regulación, el terreno de fundación está constituido de materiales de relleno.

Riesgo Geodinámico

Represamiento (captación) .- Erosión fluvial en el estribo dere - cho y aguas abajo de la toma.

Depósitos de Regulación .- Pueden ocurrir asentamientos de magni tud media por estar instalada un sector de la obra sobre material de relleno.
Los demás sistemas que conforman la planta no tienen riesgo de - geodinámica externa. Los riesgos de geodinámica interna están su peditados a la calidad de la obra y magnitud de los eventos sísmi cos.

Características y Condiciones de Estabilidad de las Obras

Siendo el Río Rímac la principal fuente de alimentación que pro - porciona más del 78% de agua a la Planta, donde diariamente se - tratan 1'300,000 $M^3$ de agua, su seguridad ante la eventualidad de

alguna catástrofe natural debe ser garantizada, motivo por lo cual se hace una descripción sobre el estado en que se encuentran sus - principales obras.

Bocatoma .- La bocatoma de mayor importancia, está ubicada en la- Atarjea frente a Campoy, cuyas estructuras hidraúlicas están constituidas por represa y obras de toma. En este sector el río ha sido canalizado mediante la construcción de diques de tierra y escolleras. Desde 300 m. aguas arriba, el río ha sido canalizado hasta la entrega de la bocatoma donde existen muros laterales de 6 m. de alto en una longitud de 100 m. en esta parte el río tiene un ancho de 70 m.

Las represas son obras de concreto armado que llevan siete vertedores de cresta controlados con compuertas móviles radiales, maniobrados por un sistema de Montocargas ubicados en la losa del Puente. Durante la inspección se observó cuatro compuertas cerradas,- mientras que las tres restantes estaban abiertas.
El conjunto de represas están diseñadas para soportar avenidas de- 600 $M^3$/seg.

Las obras de toma son siete en total, del tipo barraje movil, construidos de concreto armado, ubicados inmediatamente aguas arriba de las represas y en el lado izquierdo del río. La capacidad de - captación de la toma es de 15 $M^3$/seg. con gasto normal de 1.5 $M^3$/- seg.

Estabilidad .- Las estructuras de la bocatoma en general están - cimentadas en material aluvial de buena consistencia, no presentafiltraciones, erosiones, ni deformabilidad que comprometa su estabilidad, por lo que se deduce un buen estado de conservación.

Conductos de Aducción .- Son dos los que alimentan la planta de - tratamiento, la primera capta las aguas del Río Rímac en la bocatoma descrita y transporta dichas aguas mediante un conducto cerrado de 96" de diámetro enterrados en una longitud de 750 m. hasta los- desarenadores; igualmente, existe otro canal enterrado de 1 x 1.20 m. de sección que toma las aguas del Río Surco en un punto ubicado a 2 Km. aguas arriba del desarenador.

Estos conductos son de concreto, en buen estado durante nuestra visita donde se observó que circulaban por los dos un caudal de 2 $M^3$ /seg.

Estas estructuras por estar enterrados se sustentan en material aluvial del típico hormigón de Lima.

Desarenadores .- Están formados por doce unidades, construidas en una plataforma, cada uno tiene sección triangular con vértice invertido de 7 m. de base y 30 m. de longitud. Reciben las aguas crudas por tres compuertas que son distribuidos en las doce unidades- por un canal en forma de celosía donde son retenidos los materia - les grandes y nocivos como palos, animales muertos, etc.

El volúmen bruto de cada celda es de 860 $M^3$ mientras que el efectivo es de 680 $M^3$, el tiempo de retención en cada uno es de 20 minutos; la purga del material sedimentado, y que es un buen porcentaje, se hace por las compuertas cada 24 horas y van directamente a una alcantarilla de purga, mientras que el resto de agua limpia que sale por revose, van al estanque regulador o directamente a los pre sedimentadores, pasando por el almacén de reactivos.

Estas estructuras se encuentran en buenas condiciones puesto que su construcción es reciente.

Estanque Regulador .- Construido en el lado Nor-este del cerro Santa Rosa, reciben las aguas que salen por revose de los desarenadores, su función es almacenar el exceso de agua para ser usado como emergencia.

La estructura de retención está formado por un dique de tierra, de 9 m. de altura y 870 m. de longitud con núcleo impermeable de arcilla, en el delantal lleva una losa de concreto.

El reservorio es capaz de almacenar 540,000 $M^3$/de agua con una carga maxima del espejo de agua a 7.20 m., pero normalmente trabaja con 5.90 m.

Para la limpieza del material sedimentado se tienen dos drenes de purga, una en el lado Norte de 42" de diámetro que da directamente al Río Rímac, otra ubicado en el lado Sur, del mismo diámetro que colecta el desague del resto de pozos llevando por Menacho al Rímac.

Estabilidad .- En esta estructura no se ha observado síntomas de asentamiento y deformabilidad ni menos filtraciones que comprometan la estabilidad del dique, sin embargo merece hacer un análisis sismo-resistente en el tramo del dique ubicado en el lado Sur, puesto que es el más alto.

Almacén de Reactivos .- Edificación techada donde se depositan y vierten los reactivos para acelerar la sedimentación de materias orgánicas que contaminan el agua.

Por este almacén cruzan los conductos que vienen directamente de los desarenadores, así como del estanque regulador y pasan a las celdas de floculación.

Dada la importancia de este almacén y los años de su construcción merece mayor atención en su mantenimiento, así como un estudio sismo-resistente de la edificación como prevención a un sismo severo.

Floculadores y Presedimentadores .- Son estructuras de concreto armado construidas en una plataforma de relleno, reciben las aguas casi inmediata del almacén de reactivos, los floculares están formados por 32 celdas, construidos a cada lado 16, donde se sedimentan lodos por acción del sulfato de Aluminio que se hechan en el almacén de reaetivos. Inmediatos se ubican los presedimentadores dispues

tos en pares, son de sección rectangular de 40 x 60 mts. y están distribuidos cinco en cada lado, totalizando 20 celdas, existiendo diez a cada lado, funcionan solamente en casos de alta turbidez. Estos depósitos, por las apreciaciones hechas, son seguros, no presentan signos de debilitamiento ni filtraciones.

Decantadores y Filtros .- Los decantadores son séis estructuras de concreto armado de forma circular ubicados próximos (a un nivel más bajo) de los presedimentadores y reciben el agua de estos. Dos de los decantadores alimentan al conducto de 48" de diámetro que va a los reservorios, dos a la matriz de 72" de diámetro que va a Villa-María y otros dos que llevan por medio de un conducto de 72" a la-Gran Lima.

Los filtros son celdas rectangulares que constituyen el último elemento de tratamiento de agua de la Atarjea.

Estabilidad .- Estas estructuras están cimentadas sobre terreno natural, no presenta signos de asentamiento ni peligrosidad.

## 8.3 CARRETERA CENTRAL Y PUENTES LIMA-TICLIO

Generalidades .- La carretera Lima-Ticlio constituye la principal vía de acceso a la capital de la República, proveniente de la Sierra y Selva Central.

Esta vía con una longitud de 132 Kms. transcurre por las laderas inferiores y medias de ambas márgenes del Río Rímac, presenta características técnicas de primer a segundo orden y es asfaltada casi en toda su longitud con excepción de cortos tramos averiados por los huaycos ocurridos en la temporada de lluvias de 1981 y la parte final del tramo.

En este capítulo se efectúa una descripción general por tramos, desde Lima a Ticlio. Dicha descripción considera los tipos de rocas y naturaleza de los depósitos cuaternarios, por donde transcurre la vía; además se puntualizan sus características principales y los fenómenos de geodinámica externa que la afectan.

Con el objeto de ofrecer una mejor visualización se han vertido en un cuadro todos los fenómenos de geodinámica externa, señalándose algunas recomendaciones que deben tenerse en cuenta (Cuadro N°11).

### 8.3.1 Tramo : Lima (Ate) - Chosica .-

Este tramo es el que presenta las mejores características de seguridad; corresponde a una vía de primer orden (Autopista) cuyo recorrido en su totalidad es sobre depósitos aluviales del Río Rímac, con excepción de la zona de Ñaña donde se ha practicado un pequeño corte en roca intrusiva (tonalitas y dioritas).

En el sector de Huachipa, donde el ápice de un meandro del río se pega a la vía es necesario efectuar obras de protección. El pro-

blema más álgido que presenta la carretera en este sector es el - paso por áreas urbanas densamente pobladas que no permiten el rápido desplazamiento de los vehículos que transitan entre Lima y - Chosica, por lo que, el Concejo Provincial a través de INVERMET - ha sacado a licitación el estudio de la nueva autopista Lima-Ri - cardo Palma que discurrirá por la márgen derecha del Río Rímac. - Corresponde a este tramo la ubicación del Puente más largo exis - tente entre Matucana y Lima : Puente de los Angeles de 90 m. de - longitud.

8.3.2 Tramo : Chosica - Gorgona .- Desde Chosica hasta el Puente Ricardo Palma la vía atraviesa la zona urbana de Chosica. Hasta - Km. 43 las características de la vía son óptimas; los problemas - que la afectan son escasos y transcurre sobre depósitos aluviales, A partir del Km. 44 va por las laderas inferiores de los aflora - mientos existentes en la márgen izquierda del Río Rímac constituidos por rocas intrusivas (tonalitas-dioritas) superficialmente - muy fracturadas y meteorizadas, los problemas de caída de fragmentos y bloques se presentan después de una fuerte lluvia o un sismo cuya intensidad sea mayor a VMM.

Asimismo la vía es afectada en algunos sectores por los huaycos - que se generan en las quebradas afluentes del Río Rímac, como las de Cupiche, Canchacalla y otras menores. En varios puntos se localizan fenómenos de erosión de ribera y desborde de cauce como - en el sector donde se ubica el Centro Recreacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que fue arrasado por la última avenida del Río Rímac.

8.3.3 Tramo : Gorgona - San Bartolomé - Surco .- Al igual que el tramo anterior la vía discurre en ascenso por ambas márgenes del Río Rímac, pegado a él, siendo afectada por fenómenos de geodinámica-externa como son huaycos (Que bajan de las Qdas. Río Seco, La Esperanza, Cariñito, Verrugas, Linday, etc.), fenómenos de erosión-de ribera e inundación de márgenes (foto N°20, 21, 22).

Su recorrido lo hace sobre depósitos aluviales, coluviales y en - corte en rocas intrusivas (granodiorita), volcánicas (andesita),- que en general se presentan muy fracturadas y meteorizadas.

Es en este sector donde se ubican las zonas más críticas por la - cual atraviesa la vía ; así por ejemplo los huaycos que ocurrieron en 1980 en las Qdas. La Esperanza y Cariñito causaron ingentes daños tanto a la carretera como a la línea férrea, obras de ingeniería, tierras de cultivo; así como viviendas del sector Tornamesa-La Esperanza.

En ambas márgenes se observan afloramientos con laderas de pen - dientes fuertes a moderadas constituidos por rocas volcánicas muy fracturadas y fragmentadas en posición inestables; en ciertas á - reas las laderas están cubiertas (Area de San Bartolomé), por materiales finos fácilmente erosionables y surcadas por torrenteras

y quebradas que arrastran material de huayco en cantidades considerables, llegando muchas de ellas a represar y/o aumentar el poder erosivo del Río Rímac (sobre todo en lugares donde el cauce es angosto) provocando su desborde.

Los huaycos que mayor daño ocasionan sobre el terraplén de la carretera son los que se producen en las quebradas Masipa, Río Seco Cariñito, La Esperanza, Verrugas, Linday, etc., todas ellas muestran fuertes pendientes y corto recorrido, con excepción de la Qda. Río Seco.

Los daños por erosión de riberas e inundaciones son más notorios en las zonas donde la vía más pegada al borde del río como en Songos, La Esperanza, Tornamesa, etc. Los derrumbes ocasionan problemas en lugares donde la vía pasa pegada o en corte por las laderas inferiores de los afloramientos de fuertes pendientes constituidos por rocas muy fracturadas y fragmentadas como es el caso de la zona de Cocachacra (área de las minas de Baritina).

8.3.4 Tramo : Surco - Matucana .- De 9 Km. de longitud, se caracteriza por transcurrir por ambas márgenes del Río Rímac, ascendiendo paulatinamente con pequeños desarrollos hasta llegar a Matucana.

Su ascenso lo efectúa sobre depósitos aluviales y coluviales o en cortes sobre estos materiales y también en rocas volcánicas (andesita) muy fracturadas y fragmentadas.

Los fenómenos de geodinámica externa que afectan a la vía en este sector son : Erosión de riberas y derrumbes que se producen tanto en materiales coluviales como en afloramientos de rocas volcánicas muy fracturadas (foto N°23). Un caso típico son los derrumbes del sector de Huariquiña que por este motivo sufre constantes interrupciones; igualmente, existen zonas de huaycos y torrenteras que surcan las laderas de ambas márgenes como las de Surco, Collana y Lúcumo.

8.3.5 Tramo Matucana - Tambo de Viso .- La carretera transcurre por ambas márgenes del Río Rímac, mediante cortes en rocas volcánicas, calizas y depósitos coluviales. Las rocas volcánicas son de colores gris verdoso y verde grisáceo, textura porfirítica, fracturada y de fuerte resistencia al golpe; las calizas son de colores gris, gris oscuro, de aspecto masivo, fracturadas, de mediana a fuerte resistencia al golpe; los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos rocosos angulares del tamaño de gránulos, gravas, cantos y escasos bloques en porcentajes diversos (40% promedio de fragmentos y 60% de matriz arenosa de grano fino y arena limosa).

Los fenómenos de geodinámica externa que afectan a la vía son en orden de prioridad los siguientes : erosión de riberas, derrumbes (foto N°24) y huaycos. En el caso de los huaycos estos se generan mayormente en las quebradas existentes en la margen derecha del Río Rímac.

8.3.6 Tramo Tambo de Viso - San Mateo .- La vía sigue en ascenso hacia San Mateo efectuando algunos desarrollos para ganar altura. Los cortes se han practicado en rocas volcánicas, calizas y depósitos coluviales.

Hasta el Km. 84 + 500 afloran calizas de color gris, ligeramente silicificadas y replegadas; luego afloran rocas volcánicas de colores grises, verde, verde grisáceo, fracturadas y de mediana a fuerte resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos bloques angulares en diversos porcentajes (40% máximo), en matriz arenosa de grano fino y areno limosa.

Entre los fenómenos de geodinámica externa se encuentran derrumbes en mayor proporción; estos derrumbes son generalmente antiguos y muchos de ellos están controlados por muros; la erosión de riberas también se localizan en algunos lugares y los huaycos son escasos.

8.3.7 Tramo San Mateo - Chicla .- La carretera sigue ascendiendo bordeando el Río Rímac, mediante cortes en rocas volcánicas, escasas calizas, areniscas y depósitos coluviales.

Las rocas volcánicas presentan colores gris, violáceo, de aspecto masivo, fracturadas y pseudoestratificados, con mediana a fuerte resistencia al golpe.

En el Km. 98 + 300 se cortan calizas de color gris, fracturadas, estratificadas y con mediana resistencia al golpe.

Las areniscas son de grano medio y color violáceo con bandeamientos verdes.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos angulares (40% promedio) en matriz de arena y finos.

Este tramo se encuentra afectado en mayor proporción por derrumbes, (foto N°4 y 6) muchos de los cuales están controlados con muros, otros fenómenos que afectan la vía son las erosiones de riberas, y en menor proporción pequeños huaycos.

8.3.8 Tramo Chicla - Casapalca .- La vía sigue en ascenso con algunos desarrollos, con cortes en roca volcánica y depósitos coluviales.

Las rocas volcánicas son de color gris melanócrata, afanítica, diaclasada, poco alterada, y con mediana resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos angulares en diversos porcentajes (máximo 70%), en matriz arenosa y areno-arcillosa.

**CUADRO N°11** **FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA QUE AFECTAN LA CARRETERA : LIMA-TICLIO**

| UBICACION | TIPO DE FENOMENO | LONGITUD M | MATERIALES | CONDICIONES | OBRAS EXISTENTES | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 14 | Erosión de ribera | 300 | Mat. Aluvial | Area amenazada por erosión. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 16+300-17+700 | Erosión de ribera | 1,400 | Mat. Aluvial | Area amenazada por erosión y desborde del río. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 42+000-42+270 | Caída de fragmentos. | 270 | Roca intrusiva. | Posible caída de fragmentos después de lluvia o sismo. | ---------- | Labores de mantenimiento. |
| Km. 42+270-42+300 | Derrumbe | 30 | Mat. Coluvial | Actualmente Estable. | Muro seco. | ---------- |
| Km. 42+316-42+360 | Erosión de terraplén. | 44 | ---------- | " | Muro | ---------- |
| Km. 42+388.5-42+401.5 | Erosión de terraplén. | 13 | ---------- | " | Muro | ---------- |
| Km. 42+401.5-42+416.5 | Erosión de terraplén. | 15 | Mat. Coluvial y roca. | La berma externa necesita ser protegida. | -------- | Construir muro de contención. |

**CUADRO N°11** **FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA QUE AFECTAN LA CARRETERA : LIMA-TICLIO**

| UBICACION | TIPO DE FENOMENO | LONGITUD M | MATERIALES | CONDICIONES | OBRAS EXISTENTES | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 14 | Erosión de ribera | 300 | Mat. Aluvial | Area amenazada por erosión. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 16+300-17+700 | Erosión de ribera | 1,400 | Mat. Aluvial | Area amenazada por erosión y desborde del río. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 42+000-42+270 | Caída de fragmentos. | 270 | Roca intrusiva. | Posible caída de fragmentos después de lluvia.o sismo. | ---------- | Labores de mantenimiento. |
| Km. 42+270-42+300 | Derrumbe | 30 | Mat. Coluvial | Actualmente Estable. | Muro seco. | ---------- |
| Km. 42+316-42+360 | Erosión de terraplén. | 44 | ---------- | " | Muro | ---------- |
| Km. 42+388.5-42+401.5 | Erosión de terraplén. | 13 | ---------- | " | Muro | ---------- |
| Km. 42+401.5-42+416.5 | Erosión de terraplén. | 15 | Mat. Coluvial y roca. | La berma externa necesita ser protegida. | -------- | Construir muro de contención. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 42+430.5-42+488.5 | Erosión de terraplén. | 58 | ---------- | Actualmente Estable. | Muro seco. | ---------- |
| Km. 43+000-43+015 | Derrumbe | 15 | Mat. Coluvial | Inestable | ---------- | Construir muro de protección en talud superior. |
| Km. 43+225-43+234 | Erosión de terraplén. | 9 | Mat. Coluvial y roca intrusiva. | Talud inferior necesita protegerse. | ---------- | Necesita muro de contención. |
| Km. 43+234-43+252 | ---------- | 18 | ---------- | ---------- | Muro seco. | ---------- |
| Km. 43+252-43+265 | Erosión terraplén | 13 | Mat. Coluvial y roca intrusiva. | Talud inferior necesita protección. | ---------- | Construir obra de protección. |
| Km. 43+385-43+392 | Erosión de terraplén. | 7 | Mat. Coluvial y roca. | Area erosionable | ---------- | Construir muro de contención. |
| Km. 43+392-43+429 | Erosión de terraplén. | 37 | Idem. | Actualmente estable | Muro | ---------- |
| Km. 43+429-43+460 | Erosión de terraplén. | 21 | Idem. | Area erosionable | ---------- | Necesita muro. |
| Km. 43+763-43+850 | Erosión de terraplén. | 87 | Mat. Coluvial | Actualmente estable. | Muro de retención. | ---------- |
| Km. 43+805-43+930 | Derrumbe | 125 | Mat. relleno | Actualmente estable. | Muro seco | ---------- |
| Km. 44+153-44+273 | Erosión de ribera | 120 | Mat. Aluvial | El río tiende a socavar el talud inferior de la vía. | ---------- | Efectuar obras de protección. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 44+333-44+520 | Huayco | 187 | ---------- | Cono de deyección huayco Cupiche. | ---------- | ---------- |
| Km. 44+423-44+440 | Huayco | 17 | ---------- | Canal de salida del huayco Cupiche. | Quebrada Cupiche. | Efectuar obras para evacuación de los huaycos. |
| Km. 44+520-45+000 | Erosión de ribera e inundación. | 480 | Mat. Aluvial | Altura del lecho del río a la vía 1.5 m.el río tiende a erosionarla. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 45+600-45+625 | Derrumbe | 25 | Mat. Coluvial | Pequeño derrumbe en talud superior de la vía. | ---------- | Construir obras de protección. |
| Km. 45+720-45+790 | ---------- | 70 | Mat. Coluvial | Estable | Muro seco al pie talud superior. | ---------- |
| Km. 45+820-45+970 | Erosión de ribera | 150 | Mat. Coluvial | Area erosionable por el río separada 50 m. | Pequeño muro al pie del talud. | Reforzar y/o construir defensas. |
| Km. 46+000-46+060 | Derrumbe | 60 | Roca intrusiva muy fracturada. | Material inestable en talud superior de la vía. | ---------- | Colocar muro de contención. |
| Km. 46+060-46+270 | Erosión de ribera | 210 | Mat. Coluvial | Talud inferior amenazado por erosión. | ---------- | Colocar enrocado. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 46+200-46+400 | Posibles derrumbes del talud. | 200 | Mat. Coluvial | Material semi-estable - en talud superior. | ---------- | Colocar muro seco al - pie del talud. |
| Km. 46+600-47+040 | Fragmentos inestables. | 440 | Roca intrusiva | Roca fracturada en estado inestable. | ---------- | Efectuar desquinche o- anclar bloques semi - sueltos talud superior |
| Km. 46+600-46+725 | Erosión de terra - plén. | 125 | Mater. Coluvial | Algunas áreas de la berma externa necesitan - protección. | En parte muro | Alargar y reforzar el- muro existente hasta - que cubra toda la longitud. |
| Km. 46+725-46+810 | Erosión de ribera | 85 | Roca | Reforzar el talud inferior de la vía. | ---------- | Construir muro o colocar enrocado. |
| Km. 46+845-46+860 | Huayco | 15 | ---------- | Por márgen derecha del- río baja huayco Qda. - Canchacalla. | ---------- | ---------- |
| Km. 46+895-46+910 | Erosión de ribera | 15 | Mat. Coluvial | El muro fue erosionado- en su base y cedió. | ---------- | Reforzar el muro y protegerlo. |
| Km. 46+820-46+990 | Posible derrumbe | 170 | Mat. Coluvial | Material suelto en ta - lud superior propicio a derrumbarse. | ---------- | Construir muro seco al pie del talud. |
| Km. 46+910-46+980 | Erosión de ribera | 70 | Mat. Coluvial | El río tiende a erosionar el talud inferior - de la vía. | Muro | Reforzar el muro. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 46+980-47+030 | Erosión de ribera | 50 | Mat. Coluvial | Area erosionable sin protección. | ---------- | Construir muro u otra obra de defensa. |
| Km. 47+030-47+055 | Erosión de ribera | 25 | Mat. Coluvial | El muro cedió con la última avenida. | ---------- | Colocar obra de defensa (muro). |
| Km. 47+055-47+105 | Erosión de ribera | 50 | Mat. Coluvial | El área corresponde al ápice de meandro. | Muro | Reforzar el muro. |
| Km. 47+105-47+800 | Desborde e inundación. | 695 | Mat. Aluvial | Con la última avenida el área fue inundada. | Centro de Esparcimiento M. T.C. | Colocar obras de defensa. |
| Km. 47+900 | ---------- | --- | ---------- | ---------- | Gorgona Caseta Peaje. | ---------- |
| Km. 48+000-50+000 | Posibles desprendimientos.rocosos. | 2,000 | Roca y material-coluvial. | Ocasionalmente pueden caer fragmentos de talud superior. | ---------- | Mantenimiento periódico. |
| Km. 50+000-51+100 | Caída de fragmentos y pequeños huaycos. | 1,100 | Mat. Coluvial y roca. | La carretera se pega en parte al cerro en el cual hay numerosas escombreras y torrenteras. | ---------- | Efectuar limpieza de materiales inestables y material de huayco. |
| Km. 50+035 | Pequeño huayco | A =25 | Mat. Proluvial | Ocasionalmente la torrentera trae material. | ---------- | Trabajos de mantenimiento. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 50+173 | Pequeños huaycos | Dos - salidas de 1 m. - c/u. | Mat. Proluvial. | Ocasionalmente la torrentera trae material. | ---------- | Trabajos de mantenimiento. |
| Km. 50+330 | Pequeño huayco | A=13 | Mat. Proluvial | Ocasionalmente la torrentera desplaza material. | ---------- | Obras de mantenimiento cuando traiga material. |
| Km. 51+400 | Huayco | Ancho canal 15 m. | Mat. Proluvial | En época de lluvias excepcionales la Qda. lleva huayco. | Badem | Efectuar mantenimiento periódico. |
| Km. 51+694-51+706 | ---------- | 12 | ---------- | ---------- | Puente Chilca | ---------- |
| Km. 51+731-51+766 | Erosión de ribera | 35 | Mat. Aluvial | Area que pertenece al ápice de un meandro. | ---------- | Construir obras de defensa. |
| Km. 51+731-51+771 | Caída fragmentos | 40 | Mat. Coluvial | Muro en talud superior-buen estado. | Muro | ---------- |
| Km. 51+771-51+787 | Erosión terraplén | 16 | Mat. Coluvial | Actualmente estable | Muro | ---------- |
| Km. 51+787-51+792 | Erosión terraplén | 5 | Mat. Coluvial | Actualmente estable | Muro | ---------- |
| Km. 52+738-52+748 | Huayco | -- | Tramo final Qda. por depósito coluvial. | Qda. que trae pequeño - huayco que obstruye la- alcantarilla de desfo - gue. | Alcantarilla- de loza. | Limpieza de cauce protección de márgenes. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 52+992-52+996 | Huayco | Ancho 4 m. | Tramo final Qda. por depósito coluvial. | Qda. de corto recorrido que trae pequeños huaycos. | Pontón | Limpieza de cauce y protección de márgenes. |
| Km. 53+650-53+724 | Desborde río | 74 | Depósito Aluvial | Area que puede ser afectada por el río. | --------- | Colocar diques de defensa para proteger a campos de cultivo y a la vía. |
| Km. 53+724-53+874 | Desborde río | 150 | Mat. Coluvial | Cauce del río muy amplio. | ---------- | Construir obras de protección de ribera |
| Km. 53+889-53+934 | Derrumbe | 45 | Mat. Coluvial | Actualmente semiestable. | Gabiones | Reforzar las defensas existentes. |
| Km. 53+889-53+934 | Erosión de ribera. | 45 | Mat. Coluvial | El río en avenida tiende a pegarse a la vía. | Muro | Alargar el muro de protección hasta el Km. 53 874 (15 m.) |
| Km. 54+049-54+169 | Erosión de ribera. | 120 | Mat. Coluvial | El río se pega alta ladera inferior de la vía erosionándolo por partes. | ---------- | Proteger las áreas erosionadas y erosionables con enrocado. |
| Km. 54+169-54+289 | Erosión de ribera. | 120 | Mat. Coluvial y Aluvial. | El río Rímac está erosionando la márgen izquierda afectando las viviendas del pueblo. | Pueblo de Oscoya. | Reubicación del pueblo o construcción de defensas. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 54+349-54+387 | Erosión de ribera | 38 | Mat. Coluvial | El río ha afectado al - muro de protección malo grándolo en parte. | Muro en mal - estado en par te cubierto. | Reforzar el muro e - xistente, y aumentar su altura. |
| Km. 54+376-54+397 | Derrumbe | 21 | Mat. Coluvial | Actualmente semiestable | Muro mixto - pirca y enma- llado. | Reforzar el muro. |
| Km. 54+377-54+527 | Erosión de ribera | 150 | Mat. Aluvional | La obra de defensa cu - bierta por material re- ciente. | Muro | Reforzar el muro y - aumentar la altura. |
| Km. 54+527-54+546 | Erosión de ribera | 19 | Mat. Aluvional | Area sin protección que está siendo erosionada. | ---------- | Construir obra de - protección (muro ó - enrocado). |
| Km. 54+546-54+571 | Derrumbe | 25 | Mat. Coluvial | Actualmente semiestable | Enmallado | ---------- |
| Km. 54+571-54+595 | Erosión de Ribera | 24 | Mat. Aluvional | El muro se encuentra a- grietado. | Muro | Reforzar la obra e - xistente y reparar - el muro. |
| Km. 54+657-54+709 | Erosión de ribera | 52 | Mat. Aluvial | Area donde el río se pe ga a la márgen izquier- da. | Muro | Reforzar el muro. |
| Km. 54+729-54+783 | Erosión de ribera | 54 | Mat. Aluvial | Area que está siendo e- rosionada. | ---------- | Construir defensas. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 54+903 | Huayco | --- | Mat. Proluvial | En márgen derecha baja Qda. que arrastra huayco. | ---------- | ---------- |
| Km. 54+783-55.023 | Erosión de ribera. | 240 | Mat. Aluvial | El muro está siendo erosionado en su base. | Muro | Reforzar el muro, considerando la fuerte pendiente del río. |
| Km. 55+116-55+148 | Huayco | 32 | Mat. Proluvial | En la actualidad el nivel del cauce de la Qda. es más alto que el del puente. | Puente "Río Seco". | Efectuar limpieza del cauce y obras de encausamiento. |
| Km. 55+566-56+080 | Desborde del río | 514 | Mat. Aluvial | Muro de protección en zona inundable por desborde del río. | Muro | Reforzar el muro y aumentar su altura. |
| Km. 56+080-56+400 | Desborde del río | 320 | Mat. Aluvial | Area del Pueblo de Tornamesa inundado por desbordes del río en última avenida. | ---------- | Construir obras de defensa (enrocados ó muros). |
| Km. 56+400-56+446 | Desborde del río | 46 | Mat. Aluvial | Semi-estable protegida por muro y material acumulado. | Muro | Reforzar el muro y el material acumulado. |
| Km. 56+546-56+786 | Desborde del río | 240 | Mat. Aluvial | Area de Tornamesa que fue inundada por avenida del río. | ---------- | Colocar obras de protección. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 56+760 | Huayco | ----- | Material Colu - vial que cubre - roca volcánica. | Torrentera en Area de - La Esperanza. | --------- | ---------- |
| Km. 57+132 | Huayco | 1 | Mat. Proluvial | Torrentera | --------- | ---------- |
| Km. 57+122-57+642 | Huayco | 520 | Mat. Proluvial | Cono de deyección de - huayco La Esperanza. | --------- | ---------- |
| Km. 57+507-57+514 | Huayco | 7 | Material detrítico, fragmentos en matriz barrosa. | Canal de salida de huayco La Esperanza efectuado con tractor. | Huayco "La Esperanza". | Efectuar estudio específico. |
| Km. 56+566-57+962 | --------- | 1,396 | ---------- | Variante La Esperanza - la vía pasa pegada a laderas inferiores. | ---------- | ---------- |
| Km. 58+490-58+766 | Huaycos | 276 | Material Colu - vial que cubre laderas. | En el sector 7 torrenteras que arrastran material de huayco. | ---------- | ---------- |
| Km. 58+841-59+171 | Desborde e inundación posibles. | 330 | Mat. Aluvial | Area que puede ser inundable por el río . | Defensas de riberas con acumulación de - material de - río. | Reforzar las defensas existentes. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 58+885-59+171 | Huayco | 286 | Depósito Proluvial. | El material puede ser reactivado. Cono de deyección de antiguo huayco. | Huayco "Cariñito". | Efectuar estudio específico conjuntamente con el de la Esperanza. |
| Km. 58+950-59+091 | Huayco | 141 | Depósito Proluvial. | Area de Cono de Deyección del Huayco de 1981. | Huayco "Cariñito". | Idem. |
| Km. 58+960-58+970 | Huayco | 10 | Mat. Proluvial | Canal de salida del huayco Cariñito. | ------ | Idem. |
| Km. 59+161-59+249 | Desborde | 88 | Mat. Aluvial | La pista se encontraba malograda por el desborde de aguas. | ------ | Efectuar obras de protección. |
| Km. 59+224-59+264 | Erosión y desborde. | 40 | Mat. Aluvial | El muro fue sobrepasado por las aguas. | Muro | Incrementar la altura del muro. |
| Km. 59+264-59+382 | Erosión de ribera. | 118 | Mat. Aluvial | Area sin protección del talud superior. | ----- | Construir obra de defensa. |
| Km. 59+382-59+468 | Erosión de ribera y desborde del río. | 86 | Mat. Aluvial | El río se desbordó sobre el muro malogrando la vía en la actualidad está siendo socavado. | Muro | Efectuar reforzamiento del muro y elevar altura. |
| Km. 59+468-59+472 | Erosión de ribera | 4 | Mat. Coluvial | Muro que protege talud inferior del puente peatonal ElectroLima. | Muro | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 59+385-59+584 | Erosión de ribera e inundación. | 199 | Mat. Coluvial | Area inundable y erosionable. | Muro | ---------- |
| Km. 59+584-59+720 | Erosión de ribera | 136 | Mat. Coluvial | El talud inferior de la vía necesita protección | -------- | Diseñar enrocado al pie del talud. |
| Km. 59+720-60+000 | Erosión de ribera | 280 | Mat. Coluvial | Talud inferior de la vía necesita protección | --------- | Mejorar las obras de defensa talud inferior. |
| Km. 60+000-60+035 | Erosión de ribera | 35 | Mat. Coluvial | Se debe preveer una fuerte avenida del río-que erosione talud inferior. | ---------- | Colocar un enrocado-al pie del talud. |
| Km. 60+113-60+143 | Erosión de ribera | 30 | Mat. Coluvial | Talud inferior de la vía algo erosionado. | ---------- | Colocar obras de protección. |
| Km. 60+153-60+174 | ---------- | -- | ---------- | ---------- | Puente Verrugas. | ---------- |
| Km. 60+174-60+390 | Erosión de ribera | 216 | Mat. de relleno | Muro que protege el talud inferior en parte cubierto por materia suelto. | Muro | Incrementar la altura del muro y su longitud hasta el Km. 60+420 (30 m.) |
| Km. 60+447-60+503 | Erosión de ribera | 56 | Mat. Coluvial | Actualmente Estable. | Muro | ---------- |
| Km. 60+500-60+550 | Huaycos | 50 | Mat. Coluvial y roca. | Pequeñas torrenteras en talud superior que afectan a la vía. | ---------- | Mantenimiento constante. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 60+550-60+790 | Posible desborde del río. | 240 | Mat. Coluvial | Area amenazada por posible desborde del río. | ---------- | Colocar obras de defensa. |
| Km. 60+910-60+922 | Huayco | Ancho - canal - salida= 12 m. | Mat. Proluvial | Material que trajo huayco que malogró la vía. | ---------- | Efectuar obras para evacuar el huayco - cuando baje. |
| Km. 60+979-61+065 | Erosión de ribera. | 86 | Mat. Aluvial | Muro en partes malogrado de baja altura, protegido por enrocado. | Muro | Refaccionar el muro. |
| Km. 61+065-61+121 | Erosión de ribera y desborde. | 56 | Mat. Aluvial | Area amenazada por el río altura 2 m. | ---------- | Colocar obras de protección y/o elevar - rasante. |
| Km. 61+129-61+339 | Desborde del río | 210 | Mat. Aluvial | El río se desbordó y afectó la vía. | ---------- | El enrocado existente debe ser reforzado. |
| Km. 61+339-61+368 | Erosión de ribera. | 29 | Mat. Aluvial | El muro se halla malo grado. | Muro | Réfaccionar el muro. |
| Km. 61+368-61+421 | Erosión de ribera. | 53 | Mat. Aluvial | El río tiende a malo grar la vía. | Espigones | Reforzar las obras. |
| Km. 61+421-61+454 | Erosión de ribera. | 33 | Mat. Aluvial | Para evitar la erosión del río se ha colocado enrocado. | Muro con enrocado. | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 61+482-61+542 | Erosión de ribera. | 60 | Mat. detrítico | El río tiende a erosionar el talud inferior. | --------- | Ubicar obra de protección. |
| Km. 61+677-61+735 | Erosión de ribera. | 58 | Mat. detrítico | El río tiende a erosionar esta área en parte protegida. | Muro entre Km 61+707 (28 m) | Alargar el muro de defensa hasta las progresivas indicadas. |
| Km. 61+874-61+904 | Erosión de ribera. | 30 | Mat. detrítico y roca. | El río tiende a afectar esta área. | ---------- | Colocar muro de protección. |
| Km. 62+222-62+245 | Erosión de talud | 23 | Mat. detrítico | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |
| Km. 62+446-62+455 | Torrenteras | 9 | Mat. detrítico | Del talud superior bajan pequeñas torrenteras que pueden llegar a malograr la vía. | ---------- | ---------- |
| Km. 62+455-62+495 | Erosión | 40 | Mat. detrítico | Actualmente estable. | Muro | ---------- |
| Km. 62+495-62+524 | Erosión | 29 | Mat. detrítico | Area que necesita de protección. | ---------- | Construir obra de defensa. |
| Km. 62+524-62+553 | Erosión | 29 | Mat. Coluvial | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 62+880-63+086 | Erosión | 206 | Mat. Coluvial | Area amenazada por el río. | ------- | Construir enrocado u otra obra de protec ción. |
| Km. 63+019-63+067 | Huayco | Long. canal-salida 48 m. | Mat. Proluvial | El material de huayco se desbordó en la vía afectándola. | Qda. Linday | Construir Pontón para que el huayco pase de frente al río. |
| Km. 63+086-63+120 | ---------- | ----- | ---------- | Averiado por avenidas de 1981. | Puente Songos | ---------- |
| Km. 63+120-63+184 | Desborde del río | 64 | Mat. Aluvial | Entre las progresivas 63 +120 y 63+154 se produjo desborde del río. | Muro | Mejorar las obras de protección existentes |
| Km. 63+184-63+284 | Desborde del río | 100 | Mat. Aluvial | Area carente de protec ción. | ---------- | Colocar obras de protección. |
| Km. 63+238-63+507 | Desborde del río e inundación. | 269 | Mat. Aluvial | Area protegida por una barra de material aluvial amontonado. | ---------- | Mejorar la defensa existente. |
| Km. 63+507.5-63+ 692.5 | Erosión de ribera. | 185 | Mat. Aluvial | Muro en parte cubierto por bolones traídos por el río. | Muro. | ---------- |
| Km. 63+692.5-63+ 700.5 | Erosión de ribera. | 8 | Mat. Aluvial | El río se pega a la vía. | --------- | Colocar obras de protección (muro). |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 64+000-64+100 | Erosión de ribera. | 100 | Mat. Aluvial | El río tiende a pegarse a talud inferior de la vía. | ---------- | Construir obra de defensa. |
| Km. 65+092 | ---------- | --- | Mat. Aluvial | Se está erosionando estribo derecho. | Puente de acceso a fundición. | ---------- |
| Km. 65+092-65+115 | Erosión de ribera. | 23 | Mat. Aluvial | Area que necesita protección. | ---------- | Construir obra de defensa. |
| Km. 65+115-65+190 | Erosión de ribera e inundación. | 75 | Mat. Aluvial | Area donde el muro se halla en parte socavado. | Muro | Reforzar el muro existente. |
| Km. 65+190-65+244 | Erosión de ribera e inundación. | 54 | Mat. Aluvial | Area propensa a erosión e inundación del río Rímac. | ---------- | Construir muro. |
| Km. 65+244-65+424 | Erosión de ribera e inundación. | 180 | Mat. Aluvial | Area amplia del río por prevención debe protegerse el talud de la vía. | ---------- | Construir obras de defensa. |
| Km. 65+989.5-66+049 | Derrumbe | 59.5 | Mat. Coluvial | Muro de protección talud superior de 25 m. alto. | Muro | ---------- |
| Km. 66+523.5-66+528.5 | ---------- | 5 | ---------- | ---------- | Pontón | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 66+547.5-66+710 | Erosión de ribera. | 162.5 | Mat. Coluvial | Areas pegadas al muro necesitan ser protegidas. | Muro | El muro debe alargarse hasta progresivas 66+720 (10 m.) y 66+542.5 (5 m.). |
| Km. 66+802-66+807.5 | Huayco | 5.5 | Mat. Proluvial | El material que arrastra la Qda. está colmatando el Pontón. | ---- | Efectuar limpieza. |
| Km. 67+327-67+452 | Erosión de ribera. | 125 | Mat. Aluvial | Apice de meandro donde el río tiende a erosionar. | ---- | Colocar muro o enrocado. |
| Km. 67+452 | Huayco | -- | Mat. Proluvial | Canal de la Qda. Surco que afecta vía férrea y parte del pueblo de Surco. | Alcantarilla Surco. | Dimensionar la obra de arte existente. |
| Km. 68+142.5-68+148 | ---------- | 5.5 | Mat. Proluvial | ---------- | Pontón Qda. Surco. | Efectuar mantenimiento. |
| Km. 68+148 | Huayco | -- | Mat. Proluvial | En época de lluvias excepcionales trae agua y material. | Qda. Chacamaza. | Efectuar mantenimiento. |
| Km. 68+212-68+239 | Erosión de ribera. | 27 | Mat. Aluvial | El río tiende a pegarse a la márgen por donde va la vía. | Muro de 29.5 m. alto. | El M.T.C. está alargando el muro hasta Km. 68+155 (57) debe ser alargado a Km. 68+148. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 68+365-68+406 | Derrumbe | 41 | Mat. Coluvial | Actualmente estable | Muro | Mantenimiento |
| Km. 68+282-68+597 | Desborde e Inundación. | 315 | Mat. Aluvial | Lecho del río amplio á - rea inundable. | Muro | ---------- |
| Km. 68+687-68+805 | Erosión de ribera. | 118 | Mat. Aluvial | El río se pega al talud- inferior de la vía. | Muro con aleros. | ---------- |
| Km. 69+065-69+157 | Erosión de ribera. | 92 | Mat. Aluvial | Se construye nuevo muro- de defensa. | Entre Km. 69+ 157 muro de - 1 m. alto. | ---------- |
| Km. 69+157-69+383 | Erosión de ribera. | 226 | Mat. Coluvial | Actualmente estable. | Muro con aleros. | Efectuar labores de- mantenimiento. |
| Km. 69+383-69+413 | Posible derrumbe | 30 | Mat. Coluvial | Area de material frag - mentado suelto en talud- superior. | ---------- | Construir muro seco- al pie del talud. |
| Km. 69+413-69+563 | Caída de fragmentos. | 150 | Mat. Coluvial | Del talud superior se - desprenden algunos frag- mentos a la vía. | Pirca al pie - del talud de - 0.5 a 1.5 m. - de altura. | Reforzar la Pirca ó- muro seco existente. |
| Km. 69+666-69+721 | ---------- | --- | ---------- | ---------- | Puente Quita - Sombrero. | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 69+721-69+875 | Erosión de ribera | 154 | Mat. Coluvial | Area de ápice de meandro y de erosión del río. | Muro | ---------- |
| Km. 69+975-70+095 | Desborde | 120 | Mat. Coluvial | Area afectada por desbordes del río Rímac. | ---- | Colocar obras de protección. |
| Km. 70+115-70+130 | Derrumbe | 15 | Mat. Coluvial | Area del talud superior inestable. | Gabión escalonado (3 niveles) ± 15 m. alto. | Alargar las obras de protección 10 m. a cada lado. |
| Km. 70+257-70+357 | Erosión de ribera | 100 | Mat. Aluvial | El río tiende a erosionar el talud inferior de la vía. | ---------- | Colocar obras de defensa. |
| Km. 70+357-70+368 | Huayco | 11 | Mat. Coluvial | Qda. que arrastra material y que están colmatando el pontón. | Pontón | Efectuar obras de mantenimiento. |
| Km. 70+368-70+467 | Posible erosión de ribera. | 99 | Mat. Aluvial | Area que podría ser erosionada por el río. | ------- | Tomar precauciones. |
| Km. 71.150-71.390 | Erosión de ribera | 240 | Depósito Coluvial | Actualmente semiestable. | ------- | Proteger el cauce por pequeños sectores ± 30 m. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 71.390-71.431 | ---------- | 41 | ---------- | ---------- | Puente "San Juan" | ---------- |
| Km. 71.431-71.461 | Erosión | 30 | Aluvial | Actualmente semiestable | ---------- | Reforzar la berma externa de la vía (derecha. |
| Km. 71.607-71.750 | Erosión de ribera | 143 | Aluvial | El río tiende a erosionar ambas márgenes. | ---------- | Se debe proteger ambas márgenes con enrocado-encausar al río. |
| Km. 71.878-71.990 | Derrumbe | Ancho: 112 - Altura 13. | Depósito Coluvial. | Talud inestable. Afecta en parte al material coluvial y a roca intrusiva fracturada y fragmentada. | ---------- | Desquinche de fragmentos sueltos. |
| Km. 72+346-72.355 | - | 9 | - | - | Pontón por donde discurre qda.que lleva-huayco. | |
| Km. 72.410-72.460 | Erosión de ribera | 50 | Depósito Coluvial. | Actualmente semiestable | ---------- | Colocar muro de protección o enrocado. |
| Km. 72.460-72.520 | Erosión de terraplén | 60 | Depósito Coluvial. | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |
| Km. 72.520-72.626 | Caída de fragmentos. | 106 | Depósito Coluvial. | Actualmente semiestable | Muro | Desquinche<br>Reforzamiento de berma externa de vía. |
| Km. 72.626-72.836 | Posible erosión de ribera. | 210 | Depósito Coluvial. | Actualmente semiestable. | ---------- | Area que es necesario-proteger de una posible avenida violenta del río. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 73.450-73.570 | Caída de fragmentos. | 120 | Depósito Coluvial. | Medianamente estable. | ---------- | Efectuar desquinche-Modificar talud. |
| Km. 73.583-73.678 | Caída de fragmentos. | 95 | Depósito Coluvial, fragmentos heteroméstricos en matriz fina. | Inestable. | ---------- | Efectuar desquinche. Modificar talud. Reforzar áreas que están siendo erosionadas. |
| Km. 73.678-73.701 | Erosión de ribera. | 23 | Depósito Coluvial. | Actualmente estable. | Muro | ---------- |
| Km. 73.701-73.881 | Erosión de ribera. | 180 | Depósito Coluvial. | Problemas mínimos | ---------- | ---------- |
| Km. Frente Km. 73+881-73+926 | Derrumbe en la márgen derecha del río. | A:45m Alt.50 m. E:3 m. P:50% | Depósito Coluvial. | Inestable-fragmentos sueltos. | ---------- | Tratar de estabilizar el derrumbe. |
| Km. 73.975-74.048 | Erosión de Terraplén. | 73 | Material de relleno. | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |
| Km. 74.048-74.200 | Erosión de terraplén. | 152 | Material de relleno. | Actualmente semiestable | ---------- | Necesita protegerse con un muro. |
| Km. Frente Km. 74+078-74+138 | Derrumbe márgen-derecha. | A:60 m Alt.30 m. Es: 5m P : 45° 50°. | Mat. Coluvial | Inestable. | ---------- | Efectuar obras de estabilización del fenómeno. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 74+285-74+294 | Erosión de terra - plén. | 9 | Mat. de relleno | Actualmente semiestable | ---------- | Necesita de muro. |
| Km. 74+294-74+365 | Erosión de ribera | 71 | Mat. Coluvial | Actualmente estable. | Muro | ---------- |
| Km. 74+455-74+726 | Erosión de ribera | 271 | ---------- | El río se está pegando a la vía amenazando erosionarla. | ---------- | Colocar obras de defensa. |
| Km. 74+726-74+876 | Erosión de ribera e inundación. | 150 | Mat. Aluvial | El río está erosionando la base de las casas. | Sector de Monterrico. | Efectuar obras de protección de ribera. |
| Km. 74+876-75+010 | Erosión de ribera | 134 | Mat. Aluvial | El río se está pegando al talud inferior de la vía. | ---------- | Adoptar precauciones. |
| Km. 75.000-75+150 | Desborde del río | 150 | Mat. Aluvial | El río en la última avenida se desbordó afectando la vía. | ---------- | Efectuar obras de protección. |
| Km. 75.150-75+270 | Huayco | 120 | ---------- | Cono de deyección de última avenida de Qda. Monterrico. | ---------- | Efectuar obras de encausamiento y evacuación del huayco. |
| Km. 75+630-75+671 | Erosión de ribera | 41 | Mat. Coluvial | Area que necesita ser protegida. | ---------- | Construir obras de protección. |
| Km. 75+671-75+725 | Erosión de ribera | 54 | Mat. Coluvial | El río pasa encañonado | Muro | Colocar baranda de protección. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 75+725-75+735 | Huayco | 10 | ---------- | El torrente arrastra - huayco que llega a re - presar al Río Rímac pro vocando su desborde. | Pontón Qda.- Matucana. | Efectuar obras de man tenimiento. |
| Km. 75+745-75+760 | ---------- | 15 | ---------- | Ancho puente que cruza a margen derecha. | Puente | ---------- |
| Km. 75+761-76+000 | Erosión de ribera | 239 | Mat. Aluvial | La ribera en Matucana - protegida por muro. | Muro | El muro continúa has- ta la salida de Matu- cana a San Mateo. |
| Km. 78+340-78+490 Puente Llican | Erosión de ribera | 150 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen de recha. | ---------- | Muros de defensa. |
| Km. 78+670-79+430 | Erosión de ribera | 760 | Depósito Fluvial | Erosión de la márgen iz quierda. | ---------- | Encausamiento, acumu- lando mat. del lecho- en la márgen izquier- da. |
| Km. 79+660-80+000 | Erosión de ribera | 340 | Depósito Fluvial | Erosión de la márgen iz quierda. | ---------- | Encausamiento, acumu- lando mat. del lecho- en la márgen izquier- da. |
| Km. 79+960-80+115 | Derrumbe | 155 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 80+175-80+200 | Posible derrumbe | 25 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | Muro de defen- sa en el río. | Peinado de talud. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 80+992.5 | Huayco | --- | ---------- | Obstruye el Pontón. | Pontón de 7.5 m. de luz. | Mantenimiento perma - nente. |
| Km. 81+700-82+100 | Erosión de ribera. | 400 | Depósito Aluvial | Erosión de la base | Muro de defensa de concreto | Proteger con bloques de roca. |
| Km. 81+900 | Roca fracturada | --- | Caliza | Bloque inestable | ---------- | Eliminación del block rocoso. |
| Km. 81+980-82+120 | Posible caida de fragmentos. | 140 | Depósito Coluvial y calizas. | Fragmentos rocosos superficialmente sueltos que pueden caer a la - vía. | ---------- | Señalización. |
| Km. 82+570-82+695 | Derrumbe | 125 | Depósito Coluvial | Afloramiento de calizas en los bordes. | Muro Ciclópeo de 20 m. y muro de mampostería seca de 23 m. | ---------- |
| Km. 82+570-82+695 | Erosión de ribera. | 125 | Depósito Coluvial | Erosión de ambas márgenes. | Muros de defensa de concreto | Reforzar muros. |
| Km. 83+200 (A 40 m. - ladera arriba). | Block rocoso - suelto. | --- | Depósito Coluvial | Erosión de la base. | ---------- | Eliminación del material rocoso. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 83+210-83+530 | Derrumbe | 320 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 83+870-84+000 | Derrumbe | 130 | Depósito Coluvial | Reactivación en partes | Gabiones que-presentan de-formaciones. | Estudio específico. |
| Km. 83+600-84+100 Tambo de Viso | Erosión de ribe - ra. | 500 | Depósito Coluvial | Erosión por tramos. | Muros de defen sa de concre- to por tramo. | Protección de los mu-ros y orilla con blo-ques de roca. |
| Km. 84+200-84+500 | Derrumbe | 300 | Depósito Coluvial y caliza. | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 85+970-86+050 | Derrumbe | 80 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 86+560-86+610 | Derrumbe | 50 | Dep.Coluvial Ro-ca volcánica de-fuerte resisten-cia al golpe en-ambos flancos - del derrumbe. | Muro colmatado. El muro de mampostería está fallando. | Muro de con - creto y de - mampostería - seca con ma - lla de alam - bre. | Eliminación del mate-rial en exceso. Compostura de muro de mampostería. |
| Km. 86+610-87+100 | Roca fracturada. Caída de fragmen tos. | 490 | Roca volcánica | Fragmentos y bloques - inestables. | ---------- | Desquinchar. Colocar señalización |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 88+420-88+490 | Derrumbe | 70 | Depósito Coluvial | Medianamente roca estable en los bordes. | Muro de concreto de 45 m. | Eliminación del material en exceso del peinado de talud. |
| Km. 89+010-89+280 | Derrumbe | 270 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | Muro de contención en el tramo final. | Práctica normal del mantenimiento. |
| Km. 89+050-89+110 | Erosión de ribera | 60 | Depósito Coluvial y Aluvial. | Erosión de la base del muro. | Muro de defensa de concreto. | Reforzar el muro. |
| Km. 89+110-89+170 | Erosión de ribera | 60 | Depósito Coluvial y Aluvial. | Erosión de la márgen izquierda. | ---------- | Construcción de muro de defensa. |
| Km. 89+850-90+050 | Erosión de ribera | 200 | Depósito Coluvial y Aluvial. | Agrietamientos y asentamientos de la márgen izquierda. | ---------- | Construcción de muro de defensa. |
| Km. 90+100-90+250 | Derrumbe | 150 | Depósito Coluvial y afloramiento de roca volcánica. | Actualmente estable. | Muro de contención de concreto. | ---------- |
| Km. 90+380-90+500 | Derrumbe | 120 | Depósito Coluvial y afloramiento de roca volcánica. | Actualmente estable. | Muro de contención de concreto. | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 91+180-91+300 | Erosión de ribera | 120 | Depósito Aluvial | Erosión en ambas márgenes. Erosiona la base de los muros. | Muro de defensa. | Reforzar muros con bloques y mortero de cemento. |
| Km. 92+800-93+790 | Derrumbe antiguo | 990 | Depósito Coluvial y roca volcánica | Actualmente estable. | ---------- | Plantación de vegetación. |
| Km. 93+410-93+540 | Derrumbe de talud | 130 | Depósito Coluvial (Suelo areno-arcilloso). | Ocasiona problemas en época de lluvias. Inestable. | ---------- | -Peinar el talud. -Plantación de vegetación. |
| Km. 94+820-95+070 | Erosión de ribera | 250 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen derecha. No se observa agrietamientos, ni asentamientos de la márgen. | ---------- | -Construcción de muro de defensa. |
| Km. 95+770-95+830 | Deslizamiento antiguo. | 60 | Depósito Coluvial | No ocasiona problemas. Actualmente. | ---------- | ---------- |
| Km. 95+400-95+900 | Erosión de ribera y desbordes. | 500 | Depósito Aluvial | Cancha de relave erosionada. Erosión en ambas márgenes. | ---------- | Construcción de muros de defensa en ambas márgenes. |
| Km. 96+650-96+750 | Caída de fragmentos rocosos. | 100 | Roca volcánica | Roca fracturadas, inestables. | ---------- | Desquinche. |
| Km. 96+950-96+980 | Erosión de ribera | 30 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen derecha. | ---------- | Construir muro de defensa. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 97+090-97+350 | Derrumbe | 260 | Depósito coluvial y roca volcánica ladera arriba. | Ocasiona problemas a la vía inestable. | ---------- | Limpieza del material caído.<br>Peinado de talud. |
| Km. 97+600-97+710 | Derrumbes | 110 | Depósito Coluvial y roca volcánica | Ocasionan problemas a - la vía inestable. | ---------- | Limpieza del material caído.<br>Peinado de talud. |
| Km. 97+900-98+000 | Derrumbes | 100 | Depósito Coluvial y roca volcánica ladera arriba. | Cae fragmentos y blo - ques rocosos. Inestable | ---------- | Limpieza del material caído.<br>Peinado de talud.<br>Banco de mantenimien- to (área libre para - caída del material). |
| Km. 98+010-98+030 | Posible derrumbe | 20 | Depósito Coluvial y calizas. | Medianamente estable. | ---------- | Práctica normal de - mantenimiento y che - queo periódico. |
| Km. 98+360-98+450 | Caída de fragmen- tos rocosos. | 90 | Roca caliza. | Roca fracturada en es - tado inestable. | ---------- | Desquinche. |
| Km. 98+600-98+800 Puente El Infierni - llo. | Erosión de ribe - ra. | 200 | Roca caliza y de pósito coluvial. | Erosión y socavación en ambas márgenes. Erosión de las columnas del vo ladizo, muros y estri- bos del puente. | ---------- | Reforzamiento de las- bases de las columnas. Protección con muros- o enrocados (márgen - derecha).<br>Reforzamiento de los- estribos del puente. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 99+040-99+100 | Derrumbe | 60 | Depósito Coluvial y afloramiento de roca volcánica en los bordes del derrumbe. | El material derrumbado está sobrepasando el muro de contención. | Muro de contención. | Eliminar el material en exceso y adicionar un área libre para caídas futuras de material. |
| Km. 99+920-100+030 | Derrumbe | 110 | Depósito Coluvial y afloramiento de roca volcánica en los flancos del derrumbe. | ---------- | Muro de contención. | Prolongar el muro de contención.<br>Tendido de talud. |
| Km. 100+180 | Huayco antiguo | 15 | Roca volcánica en las márgenes. Depósito proluvial. | Proviene de una quebrada pequeña que puede traer material en el futuro. | ---------- | Eliminación del material. |
| Km. 100+530-100+560 | Huayco antiguo | 30 | Roca volcánica en las márgenes. Depósito proluvial. | Proviene de una quebrada pequeña. Se producen derrumbes de talud. | ---------- | Limpieza del material caído.<br>Peinado de talud. |
| Km. 100+840-100+940 | Posibles derrumbes. | 100 | Depósito Coluvial | En la actualidad se encuentra estable. | ---------- | Práctica normal de mantenimiento y chequeo periódicamente. |
| Km. 102+945<br>Túnel Río Blanco | Caída de bloques y fragmentos rocosos. | --- | Roca volcánica. | Roca fracturada. Ocasionaba problemas en la entrada del túnel. | ---------- | Desquinchar los fragmentos y bloques sueltos. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Túnel Km. 103+430 | Idem anterior | --- | Idem al anterior | Idem al anterior | ---------- | Idem al anterior. |
| Km. 104+430-104+455 | Derrumbe | 25 | Depósito Coluvial y afloramiento rocoso en los flancos. | Actualmente estable. | Muro de contención de concreto. | ---------- |
| Km. 104+850-104+920 | Derrumbe | 70 | Depósito Coluvial Laderas arriba y en el flanco izquierdo aflora roca volcánica. | Actualmente estable | Muro de contención de concreto y muro ciclópeo. | Eliminar el material en exceso, encima del muro de concreto. |
| Km. 104+650-104+980 | Erosión de ribera | 330 | Depósito Coluvial y aluvial. | Erosión en el vértice del meandro (Márgen izquierda). | ---------- | Construir defensas. |
| Km. 106+300-106+400 | Erosión de ribera | 100 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen derecha. No se observa agrietamientos, ni asentamientos en los bordes. | ---------- | Construir defensas. |
| Km. 106+900-107+100 | Erosión de ribera | 200 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen derecha. No se observa agrietamientos, ni asentamientos en los bordes. | ---------- | Construir defensas. |
| Km. 108+690 - Bellavista. | Posible derrumbe. | --- | Afloran rocas. | Roca fracturada y en estado inestable. | ---------- | Chequear periódicamente el desplazamiento del farallón. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 108+820-109+170 | Derrumbes | 350 | Depósito Coluvial | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 109+800-109+980 | Erosión de ribera | 180 | Presa de Relave - de Yauliyacu. | Erosión en la márgen derecha. Erosiona el material de relave. | ---------- | Construcción de muros de defensa. |
| Km. 110+240-110+300 | Erosión de ribera | 60 | Depósito Coluvial y Aluvial. | Erosión de la mafgen izquierda. Vértice de - meandro. No se observan agrietamientos, ni asentamientos de los bordes. | ---------- | Construir defensas. |
| Km. 110+540-110+840 | Erosión de ribera | 300 | Depósito Aluvial | Erosión de la márgen izquierda. No se observan agrietamientos, ni asentamientos de los bordes. | ---------- | Construir defensas. |
| Km. 111+020-111+100 | Derrumbe y erosión de ribera. - | 80 | Depósito Coluvial En los flancos y ladera arriba aflora roca metavolcánica. | Derrumbe en el talud superior y erosión de ribera en el inferior. | ---------- | Evitar pérdidas de agua del canal de relave. Construir defensas. |
| Km. 111+880-111+940 | Derrumbe | 60 | Depósito Coluvial En los flancos y laderas arriba aflora roca volcánica. | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 113+500-114+200 | Erosión de ribera, agrietamiento y desplazamiento. | 700 | Depósito Coluvial | Erosión de ambas márgenes en el Km. 113+380 agrietamientos y desplazamiento vertical del borde derecho. | ---------- | Estudio específico. |
| Km. 113+600-113+900 | Posibles derrumbes de talud. | 300 | Depósito Coluvial | La carretera en desarrollo. Lazo inferior. Puede afectar el talud superior de este lazo. | ---------- | Construcción de muros de contención. |
| Km. 114+760-114+820 | Agrietamiento y desplazamiento. | 60 | Material de relleno. | Lazo intermedio del desarrollo. Agrietamiento y desplazamiento vertical de 3 cms. en berma izquierda. | ---------- | Construcción de muros de *contención o tierra* forzada. |
| Km. 115+460-115+960 | Caída de fragmentos rocosos y posibles derrumbes. | 500 | Depósito Coluvial y roca arenisca. | Semi-estable. Por el fracturamiento de la roca ocurren caídas de fragmentos rocosos. | ---------- | Desquinche de fragmentos inestables. Tendido de talud. Práctica normal de mantenimiento. |
| Km. 116+900-117+500 | Caída de fragmentos y bloques rocosos. | 600 | Depósito Coluvial | Los fragmentos y bloques se encuentran en la superficie de la ladera. | ---------- | Eliminación progresiva de fragmentos y bloques desquinchar. |
| Km. 117+440-117+560 | Posible derrumbe. | 120 | Depósito Coluvial | Existe filtraciones de agua. | ---------- | Estudio específico. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 117+620-117+750 | Caída de fragmentos rocosos. | 130 | Areniscas. | Roca sumamente fracturada. | ---------- | Desquinche de material en estado inestable.<br>Banco de mantenimiento. |
| Km. 117+800-118+010 | Posibles derrumbes | 210 | Dep. Coluvial | Actualmente semiestable | ---------- | Práctica normal de mantenimiento.<br>Peinado de talud. |
| Km. 118+220-118+360 | Deslizamiento antiguo y derrumbe de talud. | 140 | Dep. Coluvial | No se observan huellas de reactivación del deslizamiento.<br>El derrumbe en estado semiestable actualmente. | ---------- | Andenerías. |
| Km. 118+252 | Huayco | --- | Depósito Proluvial. | La alcantarilla se encuentra obstruida con el material de huayco. | Alcantarilla de concreto. | Mantenimiento periódico y limpieza. |
| Km. 118+310-118+360 | Agrietamiento y desplazamiento. | 50 | Material de relleno. | Agrietamiento y desplazamiento vertical (Talud inferior de la carretera). | ---------- | Estudio específico. |
| Km. 118+460-118+520 | Posible derrumbe. | 60 | Dep. Coluvial | Existen filtraciones de agua.<br>Actualmente semiestable. | ---------- | Peinado de talud. |
| Km. 118+919 | Huayco | -- | Dep.Coluvial en las márgenes de la quebrada. | Las márgenes de la quebrada inestable, se observan pequeños derrumbes. La alcantarilla semi-obstruida. | Alcantarilla de concreto. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla.<br>Proteger las márgenes. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 119+460 | Huayco | --- | Aflora roca arenisca estratificada. Buza contra talud. | La alcantarilla se encuentra obstruida. | Alcantarilla de loza. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 119+642 | Huayco | | Aflora roca arenisca estratificada. Buza contra talud. | La alcantarilla totalmente obstruida. | Alcantarilla de loza. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 119+640-119+700 | Derrumbe | 60 | Aflora roca arenisca estratificada. Buza contra talud. | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 119+845 | Huayco | | En el lecho de la quebrada aflora roca arenisca fracturada. | La alcantarilla se encuentra obstruida. | Alcantarilla Armco de 36" | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 119+845-119+875 | Agrietamiento y desplazamiento. | 30 | Material de relleno. | Agrietamiento y desplazamiento vertical de 5 cms. de la berma externa. | ---------- | Estudio específico. |
| Km. 119+980-120+040 | Agrietamiento, desplazamiento y erosión de ribera. | 60 | Material de relleno. | Agrietamiento y desplazamiento de 5 cms. de la berma externa. | ---------- | Estudio específico |
| Km. 122+260-122+450 | Derrumbe | 190 | Dep. glaciar. En los flancos y ladera arriba del derrumbe aflora roca arenisca. | Semi-estable. Está adquiriendo su perfil de reposo. En el lugar existe un área libre (banco de mantenimiento) para la acumulación del material. | ---------- | Chequeo periódicamente. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 122+600-122+690 | Derrumbe | 90 | Dep. glaciar. En los flancos y ladera arriba del derrumbe aflora roca cuarcita. | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |
| Km. 123+020-123+190 | Derrumbe | 170 | Dep. glaciar. En los flancos y laderas arriba aflora roca arenisca, cuarcita. | Actualmente estable. | Muro de contención. | ---------- |
| Km. 123+600-123+700 | Derrumbe | 100 | Dep. glaciar. En los flancos y ladera arriba aflora roca arenisca. | Actualmente estable. | ---------- | ---------- |
| Km. 123+950 | Huayco | --- | Depósito glaciar | La alcantarilla se encuentra parcialmente obstruida. | Alcantarilla de loza. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 124+350 | Erosión del talud | --- | Depósito glaciar | Erosión del talud que origina cursos superficiales que arrastra material y obstruye la alcantarilla. | Alcantarilla de loza. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 125+840 | Acumulación de material al pie del relleno. | --- | Roca arenisca en las márgenes. | Qda.que se cruza con un relleno de 12 m.de altura.La alcantarilla se encuentra en buen estado. Primer lazo. | Relleno y alcantarilla. | Eliminación del material acumulado al pie del relleno. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Km. 126 + 500 | | --- | Roca arenisca en las márgenes. | Qda. que se cruza con un relleno de 12 m. de altura. La alcantarilla se encuentra parcialmente obstruida. Segundo lazo. | Relleno y alcantarilla. | Mantenimiento y limpieza de la alcantarilla. |
| Km. 129+950-130+100 | Caída de fragmentos. | 150 | Depósito glaciar. | Fragmentos y bloques sueltos en la ladera. | ---------- | Eliminar fragmentos y bloques sueltos. |

La carretera transcurre por zonas de deslizamientos y derrumbes antiguos que potencialmente constituyen algún riesgo. Igualmente,se observan sectores donde el río está erosionando el talud inferior.

Se deben tener consideración a las presas de relave existentes en el tramo, y efectuar estudios específicos que determinen los riesgos reales de licuefacción ante la ocurrencia de sismos fuertes.

8.3.9 Tramo Casapalca - Ticlio .- La carretera sigue ascendiendo hasta llegar a Ticlio a una altura de 4,843 m.s.n.m.

En este tramo se cortan areniscas, cuarcitas, lutitas, depósitos coluviales y glaciares.

Las areniscas generalmente son de grano fino, color bruno, fracturadas, buzan contra talud, con mediana y baja resistencia al golpe.

Las lutitas son de color verde, se parten en lajas, con débil resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales y glaciares consisten de una mezcla de fragmentos angulares en matriz limo-arenosa, areno-arcillosa y areno-limosa. El porcentaje de fragmentos es variable (máximo 70%), se encuentran en diversos grados de compactación (generalmente de mediana compactación a compacto).

Entre los fenómenos de geodinámica externa que se observan en el tramo se tienen : derrumbes (foto N°5), erosión de riberas, huaycos y deslizamientos menores.

Gran parte de las alcantarillas se encuentran parcial y medianamente obstruidos con los materiales que arrastran las quebradas, siendo necesario una limpieza y mantención periódica.

8.3.10 Puentes .- En este acápite se describen algunas características de estas estructuras con una evaluación de las condiciones actuales de sus diversos elementos tales como estribos y aletas que normalmente están expuestos a la acción erosiva del río, que tiende a socavar su estabilidad.
También incluye algunas recomendaciones para preservar la integridad y estabilidad de dichas estructuras ante el embate de los fenómenos de geodinámica externa.

## PUENTE CAJAMARQUILLA

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | En el acceso a la Refinería de Cajamarquilla : a la altura - del Km. 10 de la carrerera central. |
| LONGITUD | : | 60 mts. |
| TIPO | : | Concreto Armado. |

Puente de concreto armado cuyo objetivo principal es el acceso a la Refinería de Cajamarquilla fue construido el año 1980, sobre el río Rímac.- La losa de rodadura tiene 10 m. de ancho, paralela y lateralmente corren - las veredas de 1.00 m. con barandas de tuberías metálica de 0.60 m. de altura. Las vigas tienen cuatro tramos de 15 m. cada uno que descanzan en pilares intermedios y estribos laterales cimentados sobre el material aluvial.- Toda la estructura se encuentran en buenas condiciones por ser de reciente- construcción. Cinco metros aguas abajo se encuentra al antiguo puente que- está en malas condiciones y prácticamente en deshuso.

Aguas abajo, en ambas márgenes del río, se observan un encausamiento mediante acumulaciones de materiales de escombros cuyos bordes están - siendo erosionados por falta de protección adecuada.

Recomendación .-

- Canalización del río mediante la construcción de terraplenes laterales,- protegidos con un sistema de enrocado.

## PUENTE ÑAÑA

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Distrito Ñaña a la altura del Km. 20 de la carretera central. |
| LONGITUD | : | 66 m. |
| TIPO | : | Concreto armado. |

La superestructura es de concreto armado cuya superficie de rodadura es lisa de 3 m. de ancho de una sola vía, lateralmente lleva sardinel de 0.60 m. con barandas de concreto. La longitud total del puente es de 66 mts con 5 tramos de 12 m. cada uno, las vigas descansan en pilares intermedios y muros laterales. La superestructura se encuentra en buenas condiciones,- salvo el desgaste del sardinel por la intensidad del tránsito peatonal, ya- que en la márgen izquierda se ubica un mercado que abastece la zona.

La eficiencia hidraúlica a través de cada vacío queda reducida a - 11 x 3.50 m. que en temporadas de creciente no tiene la eficiencia requeri-

da, puesto que se depositan en un lecho gran cantidad de materiales arrastrados por el río.

La super-estructura de concreto armado que se encuentra en buenas condiciones con la salvedad de los pilares que nos impacto de piedras están descascarándose.

Aguas arriba del puente no tiene encauzamiento por lo que, el río está afectando la márgen izquierda donde se encuentra el mercado en zona de relleno ganado al río, así mismo, aguas abajo de la misma márgen existen problemas de inundación, por lo que, merece hacer trabajos de encausamiento.

Recomendación .-

- Proyectar la modificación del puente considerando veredas peatonales dada la intensidad de circulación.
- Hacer trabajos de canalización aguas arriba y aguas abajo con proyectos de muros con sobre-elevación adecuada.

## PUENTE GOLF-HUAMPANI-LOS GIRASOLES

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Golf Huampaní : A la altura del Km. 22 de la carrerera central. |
| LONGITUD | : | 75 m. |
| TIPO | : | Concreto armado. |

Tiene doce tramos de seis metros cada uno; sus vigas continuas están apoyadas en pilares y estribos laterales. La superficie de rodadura tiene 2.2 m. de ancho y es de una sola vía, lleva sardineles laterales de 0.60 m., sus barandas están totalmente destruidos. La estructura es de concreto armado; se encuentra en buenas condiciones; su sobre luz de solamente 2.50 m. medido en época de estiaje no es suficiente, puesto que al aumentar su caudal el Rímac, arrastran palos, piedras, árboles y basura, quedando atrapados entre los pilares, obstruyendo la libre circulación; además la poca pendiente de este tramo que sumado la poca pendiente del lecho acentúa la sedimentación. En estas condiciones la super-estructura es comprometida por impactos y chicoteos.

Recomendación .-

- Canalización del río mediante excavaciones (con equipo) en el lecho, depositando lateralmente el material extraído y estabilizándolos con mallas metálicas o mediante enrocados.

## PUENTE CENTRAL HUAMPANI

LONGITUD : 80 m.
TIPO : Metálico.

Es un puente que da acceso a la Central Hidroeléctrica de Huampaní- de 80 m. de longitud con un apoyo intermedio de albañilería de piedra, la - super-estructura es de acero reticulado con superficie de rodadura inferior de asfalto, su tablero es de madera de 3 m. de ancho. Se encuentra en buenas condiciones, puesto que tiene adecuado mantenimiento.

## PUENTE LOS ANGELES

UBICACION : A la altura del Km. 27+500 de la carretera central.
LONGITUD : ± 80 m.
TIPO : Concreto armado.

Puente de tipo aporticado de tres crujías con vigas acarteladas. La superficie de rodadura es de concreto armado de 10 mts. de ancho y 1.20 mts de veredas, lleva barandas de tubos metálicos, en algunos tramos deteriorados o arrancados. En líneas generales la superestructura se encuentra en - buenas condiciones.

Recomendaciones.-

- Es necesario reforzar y reparar las obras de protección existentes en ambas márgenes, puesto que las últimas avenidas las han dañado. Dichas obras deben emplazarse desde 50 mts. aguas arriba hasta 50 mts. - aguas abajo.

## PUENTE LA CANTUTA

LONGITUD : 40 mts.
TIPO : De concreto armado : aporticado.

Puente que sirve de conexión entre el Distrito de la Cantuta y la - carretera central, su estructura es de concreto armado aporticado de dos - tramos de 20 m. cada uno, sus vigas son acantilados que se apoyan sobre estribos laterales y un pilar intermedio de albañilería de piedra, la superficie de rodadura es de una sola vía de 2.50 m. de ancho, lleva sardinel de -

0.60 m. y barandas tipo celosia de 1.0 m. de altura, todo de concreto armado.

La super-estructura se encuentra en buenas condiciones, igualmente, los estribos que llevan muros de protección y encauzamiento de albañilería de piedra.

## PUENTE PLAZA DE ARMAS CHOSICA

LONGITUD : 20 mts.
TIPO : Concreto armado, simplemente apoyado.

La estructura vial que sirve para unir el pueblo joven de la margen izquierda María Parado de Bellido con la zona céntrica de la ciudad de Chosica, tiene un ancho de pavimento de 3 metros, sus barandas son de celosía de concreto armado (un solo lado), mientras que el otro ha sido derribado.- Las vigas que son de concreto armado están apoyados sobre muros laterales - que además sirven de encausamiento al río, toda la estructura se encuentra en buenas condiciones, diez metros aguas arriba se ubica el puente peatonal con losa de concreto armado de 2 m. de ancho apoyados sobre vigas metálicos de 25 metros de luz, además llevan barandas de protección. Las vigas están descansando en muros de albañilería de piedra que están rajados.

Recomendación .-

- Reparar los muros que están deteriorados proyectando un mejor alabeo de sus aletas a fin de evitar la formación de turbulencia y salto hidráúli co que podría producirse por el bajo nivel de los muros ante crecidas - del río.

  Se ha visto que el puente no soporta satisfactoriamente la intensidad - de tráfico que circula durante el día por ser de una sola vía, por consiguiente se debe construir otra que sustituya. Es un puente antiguo - pese a estar en buenas condiciones merece modificación del proyecto.

## PUENTE SANTA EULALIA

UBICACION : Km. 37+950 de la carretera central sobre el río Santa Eulalía

LONGITUD : 20 m.
TIPO : Concreto Armado, simplemente - apoyado.

ESTRIBOS : Están cimentados de conglomerados.
Derecho : Sin problemas
Izquierdo : Sin problemas
Aleros : En buen estado

Puente simplemente apoyado con losa de concreto de 8 m. de ancho - con sardinel y barandas de concreto armado, se encuentra en buenas condi - ciones.

Recomendaciones .-

- Tanto hacia aguas arriba como aguas abajo se deben reforzar los actua les muros de protección existentes en ambas márgenes con el fin de evi - tar que el río las erosione y provoque su caída.
- Igualmente, precisa una limpieza del cauce del río para facilitar el li- bre escurrimiento y no erosione la cimentación.

## PUENTE RICARDO PALMA

UBICACION : Km. 38+44 de la Carretera Central.
LONGITUD : Tablero 60 m.
TIPO : Arco.

Puente con estructura de concreto armado y longitud de tablero de-- 60 m., sus tímpanos son aligerados; el ancho de la superficie de rodadura - tiene 8 m. con sardinel de 0.60 m., sus barandas de protección son de con - creto armado espaciados cada 3 mts. con una altura de 0.60 m.

Esta superestructura se encuentra en buenas condiciones; sin embar- go se observa que el estribo derecho está siendo erosionado y requiere tra- bajos de reparación y mantenimiento.

Recomendaciones .-

- Construcción de un muro de encausamiento, 50 m. aguas arriba del puente- y 30 mts. aguas abajo.
- Este puente por unir los centros poblados de Ricardo Palma y Moyobamba - soporta intenso tráfico peatonal por lo que, se sugiere la construcción- de un puente peatonal.

## PUENTE RIO SECO

UBICACION : Km. 55+132 sobre Qda. Río Seco (Márgen izquierda Río Rímac).

| | | |
|---|---|---|
| LONGITUD | : | 32 m. |
| TIPO | : | Concreto Armado |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | Buen estado. |
| IZQUIERDO | : | Buen estado. |

Puente de tres tramos de 9 metros c/u. simplemente apoyado por losas de concreto armado sobre pilares intermedios y estribos extremos, se encuentra con las armaduras expuestas por la acción de rocas arrastradas por los huaycos como han ocurrido en 1981 y 1982, por este mismo efecto las barandas han sido arrancadas. La cimentación de los estribos y pilares están sobre materiales aluvionales, su estado es bueno.

El problema que se presenta es que el espacio comprendido entre el puente y el ducto del tren funcionan como un amortiguador, depositándose los materiales hasta rebalsar por la carretera (foto N°25). No pudiéndose profundizar más en vista que la pendiente de entrega al río es del 2%. Se recomienda levantar la rasante de la carretera en una altura de 2 m.

Recomendaciones .-

- No siendo posible profundizar el cauce debajo del puente, en vista que la pendiente de entrega al río es de 2%, sería recomendable levantar la rasante de la carretera en 2 mts.

## PUENTE VERRUGAS

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 60+163.5 de la Carretera Central. |
| LONGITUD | : | 20 m. |
| TIPO | : | Concreto Armado. |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | Buen estado |
| IZQUIERDO | : | Buen estado |

Puente de concreto armado simplemente apoyado sobre estribos, su longitud es de 20 mts. lleva como superficie de rodadura una losa de concreto de 10 m. de ancho y 0.60 m. de sardinel con barandas de perfiles y tubos metálicos soldados sobre las armaduras de la losa que están visibles y expuestos. Los estribos están cimentados en material aluvial el estado es bueno. Los fierros de las vigas del puente, por impacto de los bolones y rocas que arrastra el río Rímac de crecida están al descubierto con el peligro de disminuir su diámetro efectivo por oxidación.

Recomendación .-

- Reponer barandas en la loza

- Reparación del recubrimiento de las vigas.
- Al Río Rímac, 50 mts. aguas arriba del puente, confluye la Qda. Verru - gas que en época de crecida provoca represamientos, revalsando los mate riales de huayco por la carretera y sobre el puente, por lo que, se re- comienda una limpieza del lecho del río en este tramo.
- Rectificar el cauce en la màrgen izquierda, en longitud de 50 m. aguas- abajo y limpieza en las dos márgenes en longitud similar aguas arriba,- para que permita el libre escurrimiento de las aguas y material de huay co en épocas de lluvia.

## PUENTE ALCANTARILLA LINDAY

UBICACION : Km. 63+066

Ubicado sobre la quebrada del mismo nombre, sus dimensiones de 3.50 - mts. x 2.00 mts. no son suficientes para dar paso libre a los materiales - de huaycos, como tal, cada vez que ocurre un fenómeno de esta naturaleza - sufre obstrucción, como ocurrió en 1981 y 1982.

Recomendaciones .-

- Demoler esta estructura para construir una nueva, teniendo en cuenta en el diseño hidraulico las características hidrológicas de la cuenca.

## PUENTE SONGOS

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | 63+086.0 Km. |
| LONGITUD | : | 30 m. |
| TIPO | : | Concreto armado |
| ESTRIBOS | : | --------- |

Ubicado sobre el Río Rímac, de concreto armado de 30 m. de longitud - con losa de concreto armado y barandas metálicas formado por perfiles y tu berías. El estado de la superestructura es buena, con excepción de las ba randas del lado izquierdo que han sido arrancados en 3 tramos. Así mismo- se observan algunos deterioros por impacto de las piedras arrastrados por - el río. Las aletas del muro izquierdo están agrietadas en toda su altura- igualmente es notorio el descascaramiento del revestimiento del muro de en causamiento del lado izquierdo, debido al impacto de los materiales de - huayco. El dimencionamiento del puente no permite un libre escurrimiento- del Río Rímac en épocas de crecida.

Recomendaciones .-

- Efectuar limpieza del cauce sobre todo en el área del estribo derecho - hacia donde se pega al río, ya que la luz actual se ha reducido a una - altura de 1.50 m. en el lugar del estribo.

- Ejecutar trabajos de protección de la márgen derecha aguas arriba, en - una longitud de 200 m. y en la izquierda en 100 m., encauzando al río.

- Colocar un enrocado de 75 m. de longitud en la márgen izquierda y de - 100 m. en la derecha aguas abajo; tratando de que el río se encajone a- la márgen izquierda donde aflora la roca intrusiva.

- Colocar un muro seco o enrocado al pie del cono de deyección del canal- de desfogue de la Central Hidroeléctrica Pablo Booner, con el fin de e- vitar que el río siga arrastrando en cada avenida el material suelto - existente.

**PUENTE QUITA SOMBRERO**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 69+666 Carretera Central. |
| LONGITUD | : | 35 m. |
| TIPO | : | Concreto armado |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | El río tiende a socavar esta margen, el estribo se halla protegido por- roca. |

Recomendaciones .-

- Efectuar limpieza de cauce.
- Reforzar las defensas existentes en el estribo izquierdo.

**PUENTE SAN JUAN**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 71+390 Carretera Central. |
| LONGITUD | : | 45 m. |
| TIPO | : | Concreto armado pretrensado |
| ESTRIBOS | | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

La estructura es de un sólo tramo apoyado en estribos de concreto armado; la loza tiene un ancho de 8 mts. con sardineles de 0.60 mts., también lleva barandas de concreto. La estructura se encuentra en buenas condiciones.

Recomendaciones .-

- Limpieza del cauce, depositando los materiales grandes en el espacio comprendido entre las aletas de los dos estribos; igualmente, colocar los bloques grandes en el lecho para evitar la erosión regresiva.
- Construir obras de protección aguas arriba del puente y en ambas margenes.

## PUENTE MATUCANA

| | | |
|---|---|---|
| UBICACIÓN | : | Km. 77+280 - Salida de Matucana. |
| TIPO | : | Concreto armado |
| ESTRIBOS | | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

A pocos metros aguas arriba se localizan los estribos del puente antiguo. El estribo izquierdo se está erosionando y socavando, habiéndose producido pequeños derrumbes del material de relleno. El incremento de este proceso puede ocasionar problemas futuros al puente Llican.

Recomendación .-

- Defender la márgen izquierda con enrocados.

## PUENTE KM. 90 + 050

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Localidad de Tamboraque |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | La márgen izquierda del río presenta ligera erosión que en la actualidad no compromete al estribo. |

Recomendación .-

- Protección de la márgen izquierda con enrocados o acumulación de bloques rocosos, a partir del puente hasta unos 50 m. aguas arriba.

**PUENTE TAMBORAQUE**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 90+820 |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

**PUENTE KM. 91 + 850**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Localidad de Tamboraque |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

**EL INFIERNILLO**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 98 + 600 |
| TIPO | : | Voladizo |
| ESTADO ACTUAL | : | Erosión de la márgen derecha que puede afectar las columnas y asiento del voladizo ; igualmente al terraplén de la carretera (foto N°27). |

Recomendación .-

Protección con enrocados.

PUENTE CARRETERA (Sector Infiernillo)

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 98 + 700 |
| TIPO | : | Concreto |
| ESTADO ACTUAL | : | Socavamiento en la base y fisuramiento de la estructura de concreto armado del estribo izquierdo. Foto-N°28. |

**PUENTE SOBRE EL RIO BLANCO**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 100 + 430 |
| ESTRIBOS | | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | En buen estado |

**PUENTE ANCHE**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 100 + 450 |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | En buen estado |

**PUENTE KM. 100 + 830**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Localidad de Anche |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | En buen estado |

**PUENTE KM. 105 + 700**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Localidad de Anche |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

**PUENTE CHICLA**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 106 + 400 |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | Erosión de las defensas existentes. |
| IZQUIERDO | : | Erosión de las defensas existentes. |

Recomendación .-

Debido a la erosión de las defensas existentes, es necesario su reforzamiento.

**PUENTE BELLAVISTA N° 1**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 108 + 100 |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado |
| IZQUIERDO | : | Se está erosionando y socavando. No se observan rajaduras, ni asentamientos del estribo. |

**PUENTE BELLAVISTA N° 2**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Km. 108 + 230 |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

**PUENTE KM. 112 + 300**

| | | |
|---|---|---|
| UBICACION | : | Localidad de Casapalca. |
| ESTRIBOS | : | |
| DERECHO | : | En buen estado. |
| IZQUIERDO | : | En buen estado. |

## 8.4 FERROCARRIL CENTRAL LIMA-TICLIO

GENERALIDADES .-

En el presente capítulo se efectúa una descripción general de las características de las rocas y depósitos cuaternarios por donde atraviesa la vía, así como también los fenómenos de geodinámica externa que la afectan.

Esta vía recorre gran parte de su trayecto, en forma paralela a la carretera, lo que se ha aprovechado para efectuar el estudio correspondiente; en el cuadro donde se exponen los fenómenos de geodinámica externa que afectan la vía se han tratado por tramos, señalándose los kilometrajes en los lugares donde ha sido posible su comprobación (Cuadro N°12).

8.4.1 Tramo Lima-Chosica .- La línea del ferrocarril en este sector -

transcurre por ambas márgenes del Río Rímac, casi pegado a él, sobre depósitos del tipo aluvial constituido por fragmentos subredondeados a redondeados de naturaleza variable (intrusivos volcánicos, etc.) en una matriz arenosa a limo arenosa; en general son poco coherentes. En el sector de Chosica se han practicado cortes en rocas intrusivas (granodiorita) que superficialmente se encuentran fracturadas y meteorizadas.

Los problemas de geodinámica externa que la afectan se circunscriben a erosión de riberas y desbordes del Río Rímac, sobre todo en las áreas de Vitarte, Huachipa, Morón, Huampaní y Santa Ana de Chaclacayo; donde es necesario efectuar obras de protección de las riberas o reforzar las existentes, el material para ejecutar estas obras se localiza en los cerros aledaños.

8.4.2 Tramo Chosica - Río Seco .- Al igual que en el tramo anterior la línea va ascendiendo paulatinamente por ambas márgenes del río Rímac, atravesándolo mediante puentes de estructura de fierro en buen estado de conservación.

Su recorrido lo efectúa sobre depósitos aluviales cuando se pega al Río Rímac o depósitos coluviales al pasar por las laderas inferiores de los cerros que constituyen las márgenes del río, en algunos tramos pasa pegado a la carretera, bien por el talud inferior de esta, o por el superior, en ciertos sectores va en túnel en rocas intrusivas (granodioritas) como en Sol y Campo o en túnel artificial como en Río Seco.

La línea es afectada, en este tramo, por los huaycos se arrastran las quebradas afluentes al río como son las de Cachacalla, Cupiche y Río Seco; así como pequeños desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos que yacen en posición inestable en las laderas de los cerros, y que caen después de una intensa lluvia o un movimiento sísmico; en algunas áreas la línea se ve amenazada por problemas de erosión de ribera como en el tramo de Huachinga.

8.4.3 Tramo Río Seco - Matucana .- Pasando el túnel artificial del río Seco (foto 29) , la línea comienza a ascender en desarrollo hacia San Bartolomé para continuar a media ladera por los cerros de la márgen izquierda del Río Rímac y atravesar las quebradas de La Esperanza, Cariñito, Verrugas, etc. hasta llegar a Surco (foto N°30) prosiguiendo hasta el área del fundo Yanajone, donde cruza el río y transcurre por la márgen derecha en un corto recorrido ascendiendo en desarrollo hasta atravesar Huariquiña y llegar a Matucana.

En este sector la línea del tren efectúa su recorrido bien, sobre depósitos aluviales y coluviales, en corte a media ladera o mediante pequeños túneles en rocas intrusivas (granodiorita) y volcánicas (andesita) cubiertas por depósitos de materiales recientes fragmentados e inestables.

Es en este sector, donde la línea férrea sufre los mayores problemas de geodinámica externa, provocados por los huaycos que transportan las quebradas de Río Seco, la Esperanza, Surco, Lúcumo, etc. y pequeñas torrenteras que surcan las laderas de los afloramientos, algunos de estos problemas los han solucionado con la construcción de túneles (Qda. Cariñito) u otros están por solucionarlos como en la Qda. La Esperanza donde se está construyendo un túnel de aproximadamente 1 Km. de longitud. Algunas quebradas que traen huaycos como la de Verrugas, Barranco, etc. son atravesados por puentes de estructura de fierro en buen estado de conservación.

En los tramos afectados por torrenteras y pequeños huaycos habría que efectuar obras de canalización de estos, para evitar la interrupción de la vía después de cada avenida, para lo cual se deben efectuar estudios específicos que permitan adoptar dimensionamientos reales.

En algunas áreas la vía es también interrumpida por la ocurrencia de pequeños derrumbes del material coluvial o fragmentos semisueltos del talud superior de la línea, o como en el caso de Huariquiña del talud inferior (superior de la carretera).

En el resto de las áreas generalmente, el ferrocarril pasa por zonas estables.

8.4.4 Tramo Matucana - Tambo de Viso .- La vía férrea en este tramo, generalmente va encima del nivel de la carretera, bordeando la ladera y atravesando túneles, efectuando todo su recorrido por la márgen izquierda del río Rímac, transcurre sobre rocas volcánicas o en corte en dichas rocas, calizas y depósitos coluviales.

Las rocas volcánicas se presentan de colores gris verdoso y verde grisáceo, textura porfirítica, fracturada y mayormente de fuerte resistencia al golpe; las calizas son de color gris, gris oscuro de aspecto masivo, fracturadas, de mediana a fuerte resistencia al golpe; los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos rocosos angulares y sub-angulares, del tamaño de gránulos, gravas, cantos y bloques en porcentajes diversos (50% máximo) en matriz areno-arcillosa, arenosa y areno-limosa.

Los fenómenos de geodinámica externa que se presentan en este tramo y que afectan a la vía son la erosión de riberas y desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos; los derrumbes y deslizamientos son antiguos y generalmente en condiciones estables, habiendo adquirido su ángulo de reposo adecuado.

8.4.5 Tramo Tambo de Viso - San Mateo .- De Tambo de Viso, cruza hacia la margen derecha del Río Rímac, siempre laderas arriba de la carretera, antes de Tamboraque pasa a la margen izquierda para llegar progresivamente en ascenso hasta San Mateo. En este tramo la

vía férrea atravieza alrededor de 5 túneles y mediante cortes sobre rocas volcánicas , depósitos coluviales y rocas hipabisales - en cortos tramos.

Las rocas volcánicas se presentan de colores gris, verde, verde - grisáceo; fracturadas y con mediana a fuerte resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos y- bloques en diversos porcentajes (40% máximo), en matriz arenosa - areno-arcillosa, etc.

En la localidad de Ocatara aflora roca hipabisal de color gris - con tintes blanquecinos, de aspecto masivo y mediana resistencia- al golpe.

Los fenómenos de geodinámica externa que afectan el tramo son de- *rrumbes, erosión de riberas y huaycos.*

La vía transcurre en muchos lugares por conos de escombros y depó sitos coluviales donde se han formado cursos de aguas que arras - tran material y afectan a la vía férrea.

En la localidad de Ocatara, ubicada en este tramo, generalmente - ocurren estos fenómenos, sobre todo en épocas de lluvias, ocasionando la interrupción del tránsito, siendo recomendable un estu - dio específico en este lugar.

8.4.6 Tramo San Mateo-Chicla .- Saliendo de San Mateo, la vía férrea - prosigue por la margen izquierda del Río Rímac, en el Puente El - Infiernillo cruza hacia la margen derecha, para pasar en el Puente Anche hacia la márgen izquierda, introduciéndose en corto reco rrido por el Río Blanco y proseguir por la margen izquierda del - Río Rímac hasta el distrito de Chicla. En el trayecto la vía se- emplaza en corte o va sobre rocas volcánicas, sedimentarias y depósitos coluviales.

Las rocas volcánicas se presentan de colores gris, violáceo, de - aspecto masivo y pseudo estratificadas, fracturadas y con mediana a fuerte resistencia al golpe.

Las rocas sedimentarias localizadas son calizas de color gris, - fracturadas, estratificadas, con mediana resistencia al golpe y - areniscas de grano medio, de color violáceo, con débil a mediana- resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos y- bloques angulares en diversos porcentajes (45% máximo) en matriz- de arenas, limos, arcillas o mezcla de ellos.

Los fenómenos de geodinámica externa tales como : derrumbes, deslizamientos, erosión de riberas se presentan en el tramo. Aproxi madamente 1 Km. antes del Puente El Infiernillo, del talud infe -

rior de la vía férrea se estuvo explotando materiales de cons - trucción, dejando pequeñas cavernas en el depósito coluvial, - siendo necesario apuntalar o reforzar dicho sector para evitar - problemas posteriores a la mencionada vía.

8.4.7 Tramo Chicla-Casapalca .- En chicla, la vía férrea pasa a la - margen derecha del Río Rímac, luego en Bellavista cruza hacia la margen izquierda prosiguiendo en ascenso hasta Casapalca en este trayecto la vía va en cortes o sobre rocas volcánica y depósitos coluviales.

Las rocas volcánicas se presentan de color gris, de textura afanítica diaclasada, poco meteorizada y con mediana resistencia al golpe.

Los depósitos coluviales consisten de una mezcla de fragmentos - angulares del tamaño de gránulos, gravas y cantos, en partes blo ques, con diferentes porcentajes (60% máximo), en matriz arenosa arcillosa, etc.

En este tramo los fenómenos de geodinámica externa tales como :- derrumbes, deslizamientos y erosión de riberas, son poco fre - cuentes y de poca magnitud que se solucionan con el mantenimiento y limpieza normal de la vía.

8.4.8 Tramo Casapalca-Ticlio .- Saliendo de Casapalca la vía férrea - se dirige hacia la quebrada Chinchan en donde efectúa una curva- de volteo, para ir luego a media ladera por la márgen derecha de la quebrada ANTARAURA, atraviesa un túnel de aproximadamente 1.5 Km. de longitud, saliendo a la altura de la laguna Ticticocha, - bordea ésta y llega a Ticlio a una cota de 4,883 m.s.n.m. En- el trayecto se cortan o va sobre areniscas, cuarcitas, lutitas,- depósitos coluviales y glaciares.

Las areniscas son generalmente de grano fino, de colores bruno,- verde, en partes engloba nódulos de caliza, fracturadas, y de ba ja a fuerte resistencia al golpe.

Las cuarcitas son de color gris mesócrata, fracturadas, poco me- teorizadas, con fuerte resistencia al golpe.

Las lutitas se presentan de color verde, intercaladas con las - areniscas, se parten en lajas, y ofrecen débil resistencia al - golpe.

Los depósitos coluviales y glaciares consisten de una mezcla de- fragmentos angulares con porcentajes diversos (Máximo 60%), en - matriz limo arenosa, areno arcillosa, etc.

La vía transcurre generalmente por terrenos estables, se han lo- calizado algunos derrumbes que no ocasionan mayores problemas a- la vía.

CUADRO N°12 **FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA QUE AFECTAN A LA LINEA DE FERROCARRIL LIMA-TICLIO**

| UBICACION | TIPO DE FENOMENO. | MATERIALES | CARACTERISTICAS ACTUALES | OBRAS EXISTENTES. | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| Area Huachipa-Morón. | Erosión de ribera y desborde del río. | Depósito Aluvial. | El río en algunos sectores tiende a pegarse a su márgen izquierda por donde va la línea amenazando su seguridad. | ---------- | Construir obras de protección.(enrocados). |
| Area Huampaní | Erosión de ribera. | Depósito Aluvial. | Frente al centro vacacional,el río tiende a erosionar (en ± 250 m.) la línea del ferrocarril. | ---------- | Construir obras de protección (enrocados). |
| Area de Santa Inés de Chaclacayo. | Erosión de ribera y desborde. | Depósito Aluvial. | El río en el área tiende a erosionar sus márgenes y desbordarse. | ---------- | Efectuar obras de protección y encausamiento del Río Rímac. |
| Area Hda. Santa Ana Ricardo Palma. | Erosión de ribera. | Depósito Aluvial. | El río se pega en parte a la línea. | ---------- | Efectuar estudios específicos en el sector. |
| Area de Sol y Campo. | Desborde | Roca intrusiva (granodiorita). | La vía pasa en túnel en roca intrusiva granodiorita,la Qda. Canchacalla cuando represa el Río Rímac las aguas se desbordán por él. | Túnel. | Efectuar estudios específicos en el sector. |
| Area de Río Seco. | Huayco | Depósito Coluvial. | El túnel artificial y la línea fueron afectadas por el huayco y desborde de Río Seco. | Túnel artificial. | Reforzamiento del túnel y obras de protección en accesos. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Area de San Bartolomé. | Huayco | Depósito Coluvial. | La línea y el puente fueron afectadas por el huayco y desborde de río Seco. | Puente | Sobredimensionar el puente y colocar obras de protección. |
| Area de Tornamesa-La Esperanza | Huaycos y torrenteras. | Material Coluvial y roca. | Las laderas por donde transcurre la línea están surcadas por torrenteras que arrastran material fragmentado y Quebradas que traen huayco. | En Qda. La Esperanza están construyendo túnel de ± 1 Km. de longitud. | Así como se ha efectuado el estudio específico Qda. La-Esperanza efectuar el del resto del área. |
| Area de Puente-Verrugas. | Torrenteras | Roca y material coluvial. | Vía por ladera media, márgen izquierda donde existen numerosas torrenteras que arrastran material fragmentado que afectan a la vía. | ---------- | Efectuar labores de canalización y protección de lechos de torrenteras y mantenimiento. |
| Area de Huarí-quiña. | Derrumbes. | Depósito Coluvial. | Un derrumbe del material del talud superior de la carretera e inferior de la línea dejó en voladizo a ésta. | ---------- | Efectuar estudio específico |
| Area de Monte-rrico-Qda.Lúcumo. | Derrumbes y huayco. | Roca volcánica y depósito coluvial. | Caída de fragmentos de escombreras que cubren las laderas y materiales que arrastra el huayco de Qda. Lúcumo. | ---------- | Efectuar obras de encausamiento en la Qda. y protección en el resto del área. |
| Aguas arriba del puente de salida de Matucana aprox.Km.-103+200. | Erosión de ribera. | Depósito Coluvial y Aluvial | El río Rímac erosiona la márgen izquierda por donde transcurre la vía férrea. A 50 mts.del puente de salida de Matucana se localiza un muro de defensa. | Muro de defensa. | Prolongar el muro de defensa hasta el Puente de salida de Matucana. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Puente LLican | Erosión de ribera | Depósito Colu - vial y Aluvial. | Erosión de la márgen izquierda por donde transcurre la vía férrea. | ---------- | Construcción de muros de - defensa desde el Puente Llican hasta 150 m. aguas abajo. |
| Aprox.Km.106+500 80+200 de la carretera. | Derrumbe antiguo | Depósito Colu - vial. | Potencialmente inestable | ---------- | Práctica normal de mantenimiento. |
| Aprox.Km.108+ 100. | Derrumbe. | Depósito Colu - vial. | Poca magnitud medianamente estable. | ---------- | Práctica normal de mantenimiento. |
| Aprox.Km.108+ 900 | Caída de fragmentos y bloques rocosos. | Calizas. | La roca se encuentra - bien fracturada,localizándose fragmentos y bloques en estado inestable | ---------- | Desquinchar y eliminar fragmentos y bloques sueltos. |
| Aprox.Km.109+ 500 | Cono de escombros | Depósito Colu - vial. | Cono de escombros provenientes de un curso de agua superficial. En la - actualidad se presenta - estable. | ---------- | Práctica normal de mantenimiento. |
| Localidad de Ocatara entre los - Kms.113 al 118. | Derrumbes y huaycos. | Depósito Colu - vial,rocas volcánicas,calizas e hipabisales. | Cursos de aguas superficiales y quebradas que arrastran material de - huayco y derrumbes ocasionan interrupciones de - tránsito periódicamente. | ---------- | Estudio específico. |
| Km.114+820-115+ 150. | Derrumbe antiguo | Depósito Colu - vial. | Estable. | Muro de contención ciclópeo. | ---------- |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Km. 115+100 | Erosión de ladera. | Depósito Coluvial. | Qda.en formación cuya erosión de fondo y lateral puede ocasionar daños a la vía férrea. | ---------- | Proteger la quebrada de la erosión ya sea con azudes escalonados,muros y canalización del agua superficial. |
| Aprox. Km. 129 al frente del Km.97+800 de la carretera. | Se explotaban canteras. | Depósito Coluvial. | Por la explotación de materiales de construcción se han dejado pequeñas cavernas en el talud inferior de la vía férrea estando sujeta a futuros hundimientos. | ---------- | Reforzar y apuntalar el área. |
| Km. 130+720-130+940. | Erosión de ribera. | Depósito Aluvial. | Erosión de la márgen derecha del Río Rímac. | Del Km. 130+940 al 131+000 existen gaviones. | Construcción de muros de defensa. |
| Km. 136+020-136+150 Pasando el puente. | Derrumbe | Depósito Coluvial. | Inestable poca magnitud. | Muro de contención de mampostería. | ---------- |
| Km. 136+275-136+305. | Deslizamiento | Suelo arcilloso que engloba un 35% de fragmentos subangulares. | Semi-estable (Foto N°30) | ---------- | Forestación con árboles de raíz profunda. Drenaje. |
| Km. 136+760-136+890 | Asentamientos de ladera. | Depósito Coluvial. | Se observan pequeños desplazamientos verticales en el talud inferior de la vía férrea. Zona por donde se desfoga el agua del túnel. | ---------- | - Drenaje<br>- Obras de protección. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Km. Aprox.Km. 140 al frente del Km. 106 + 000 de la carretera. | Erosión de ribera | Depósito Coluvial y Aluvial | Erosión de la márgen izquierda por donde transcurre la vía férrea. La carretera pasa por la márgen opuesta. Desde el puente Chicla hasta 400 m aguas abajo. | ---------- | Construcción de muros de defensa. |
| Aprox.Km. 142+100 al frente del Km. 107 + 500 de la carretera. | Deslizamiento antiguo. | Depósito Coluvial. | Actualmente estable. | ---------- | Chequeo periódico de la estabilidad. |
| Localidad de Yauliyacu. | Derrumbes. | Rocas volcánico-sedimentarias y depósito coluvial. | En las partes altas del C° Joñojpucro se localizan derrumbes que caen a las quebradas. Pueden ocasionar problemas a la vía | ---------- | Estudio específico. |
| Al frente del Km. 113+700 de la carretera. | Derrumbe y erosión de ribera. | Depósito Coluvial. | Derrumbe en el talud inferior de la vía férrea en estado semi-estable. Erosión de la base del talud (Foto N°35). | ---------- | Muros de defensa. |

## 8.5 PRESAS DE RELAVE

La estabilidad de los depósitos de relaves procedentes de la explotación minera dependerá de la topografía del área de deposición, así como del volúmen total almacenado. Existen más de 15 depósitos entre abandonados y en uso, con alturas variables desde pocos metros hasta 110 m. y con antiguedad, en algunos casos, de más de 50 años, alcanzando varios millones de metros cúbicos de materiales, los que constituyen un riesgo potencial frente a un sismo severo con implicancias en la seguridad de las obras de Ingeniería que se ubican en la cuenca. Con la finalidad de estudiar el comportamiento de los principales depósitos se hizo un reconocimiento de 3 presas cuyos resultados evaluativos son los siguientes.

8.5.1 Presa de Relave Pacococha .- El depósito de relave de la Mina Pacococha está ubicado en el lado Nor-este del campamento a 2 Km. aguas abajo, a 4,000 m.s.n.m., en la parte media de la quebrada Tonsuyoc que corresponde a un valle glaciar rodeado lateralmente de materiales fluvio-glaciares, con taludes de pendientes mayores a 20 grados que presentan buena estabilidad (foto N°31) y (Gráfico N°38).

El eje de la Presa tiene una orientación N 45°E, está cimentado sobre material fluvial con potencia superior a 10 mts., el basamento rocoso está constituido por rocas volcánicas andesíticas que pertenecen a la formación Millotingo.

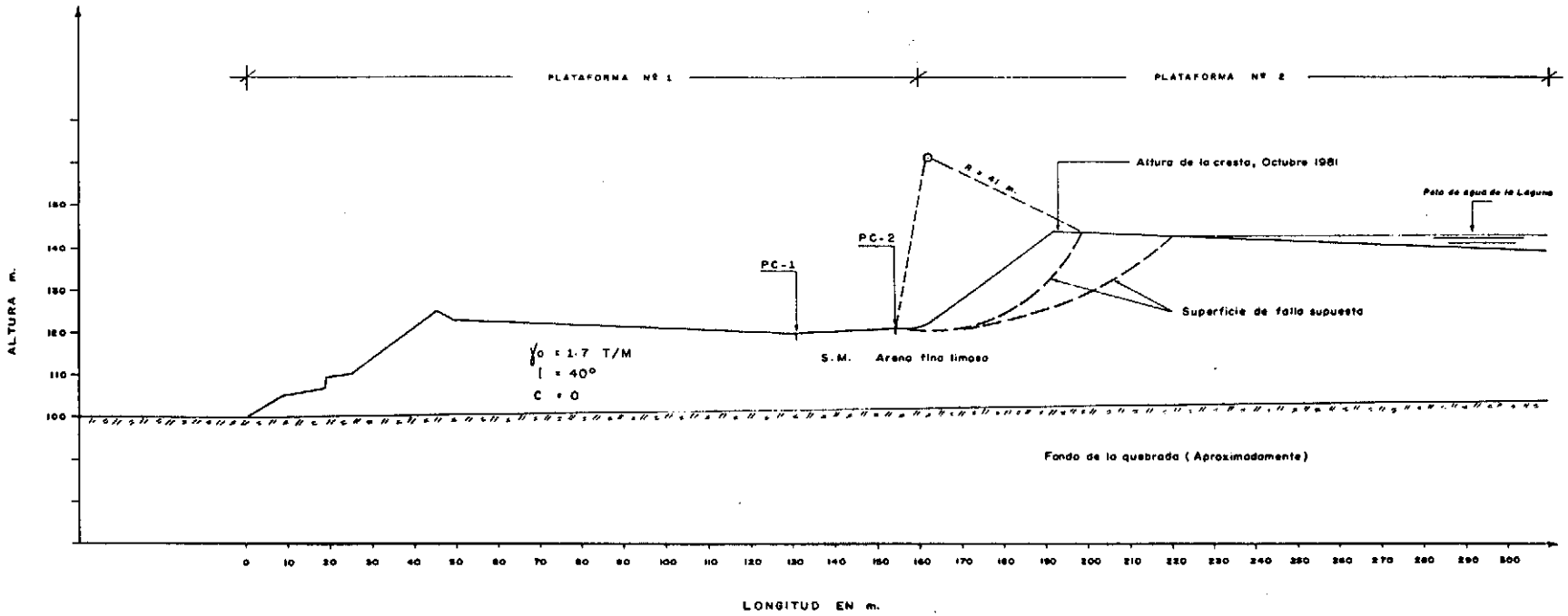
El eje principal del depósito está orientado según la dirección de la quebrada, N 10° E, y está formado por dos plataformas, la primera con altura de Presa de 25 m. ocupa un área de 25,000 $M^2$, la segunda ubicada inmediatamente aguas arriba, tiene una altura de 20 m. ocupa una extensión de 32,000 $M^2$ almacenando en su totalidad 1'500,000 T.M.

Los relaves son bombeados hasta la cresta de las Presas desde la Planta Concentradora que se encuentran a cota más baja del depósito.

En la coronación se descargan por "tendido" de tuberías de jebe.- La Presa la construyen por el método de aguas arriba, a pulso a cargo de dos peones que aprovechan los granos gruesos de las arenas depositados cerca a la cresta los que son compactados algunas veces con pisones, mientras que los materiales finos son arrastrados por el agua con dirección hacia la laguna.

Para decantar el agua de la laguna se aprovecha el riachuelo que corre paralelo al depósito a donde desagua la laguna por revose, cuya entrega se hace por medio de una canaleta. Para evitar un deslizamiento eventual del depósito sobre el riachuelo, que corre paralelo por el lado derecho, se construyó muros que sirven de contención al depósito y cuyo comportamiento debe ser estudiado.

Características del Material de la Presa .- Para conocer las ca -




SECCION TRANSVERSAL ORIENTACION N 10 E : PRESA DE RELAVE PACOCOCHA

ESCALA : 1:1,000

GRAFICO Nº 38

racterísticas del material de la Presa se escavaron tres calicatas.
Las observaciones hechas en el campo confirman que se encuentra ligeramente húmedo (24%) a húmedo(38%; de acuerdo a los resultados de laboratorio se deduce que es una arena limosa formada por más del 80% de arena fina con granulometría correspondiente a suelos mal graduados, casi uniformes, su diámetro efectivo ($D_{10}$) son menores a 0.0274 mm., el peso específico de sus partículas está alrededor de 2.9 gr/cc., mientras que la densidad aparente para el estado húmedo tiene un promedio de 1.79 gr/cm$^3$, para las condiciones saturadas, con humedad mayor al 30% es de 2.1 g/cm$^3$ la proporción de varios oscila entre 0.87 a 1.08 que corresponde a un estado de consistencia floja.

La densidad relativa calculada por máximos y mínimos de acuerdo a la relación :

$$Dr = \frac{Pmáx.}{Pd} \cdot \frac{Pd - Pmín}{Pmáx - Pmín.}$$

Se obtuvo para la plataforma N°1 entre 30 y 80% lo que demuestra su consistencia floja a firme en que se encuentra el terraplén de la Presa.

Por ensayos de campo, hechos con penetrómetro de 1 1/2" y martillo de 10 Kg. en los pozos PC - 1 y Pc - 2, se obtuvo que para pie de hincado requiere 10 golpes correspondiendo a un estado de consistencia de suelta a media.

Los ensayos hechos en el pozo tres se descartan por no ser confiables en vista que la densidad natural de campo (1.636) está por encima de la máxima obtenido en laboratorio (1.57).

Resistencia y Deformación .- En el gráfico N°38 se muestran las curvas de esfuerzo cortante deformación sometidos a cargas normales comprendido entre 0.5 a 2 Kg/cm$^2$; de la recta de resistencia podemos afirmar que el material no tiene cohesión, sus ángulos de fricción interna varían entre 39°a 41°grados que verdaderamente es alto para arena fina y para el estado de consistencia en que se encuentra, por lo tanto la superficie de fallamiento es del orden de 64°.

En el perfil del gráfico N°38 de la serie de superficies de fallamiento, tomando la indicada, el esfuerzo de corte total S = T' Tan Ø.

donde :

Esfuerzo efectivo T' = T - u, calculado el esfuerzo de corte-

total despreciando la presión intersticial en vista de que no existe indicios de ascenso de la napa hasta los huecos excavados.

$$S = 42{,}290 \text{ Kg/m.}$$

Por otro lado, la acción de un sismo con aceleración de 0.4 g. es de F.s = 20,160 Kg/m., existiendo por consiguiente un coeficiente de seguridad de 2, lo cual significa buena estabilidad sin considerar los riesgos de licuefacción.

Suceptibilidad a la licuefacción .- Para la evaluación usaremos el criterio de Kishida, Oshaki y el código del Reglamento Japonés para Presas de Relaves.

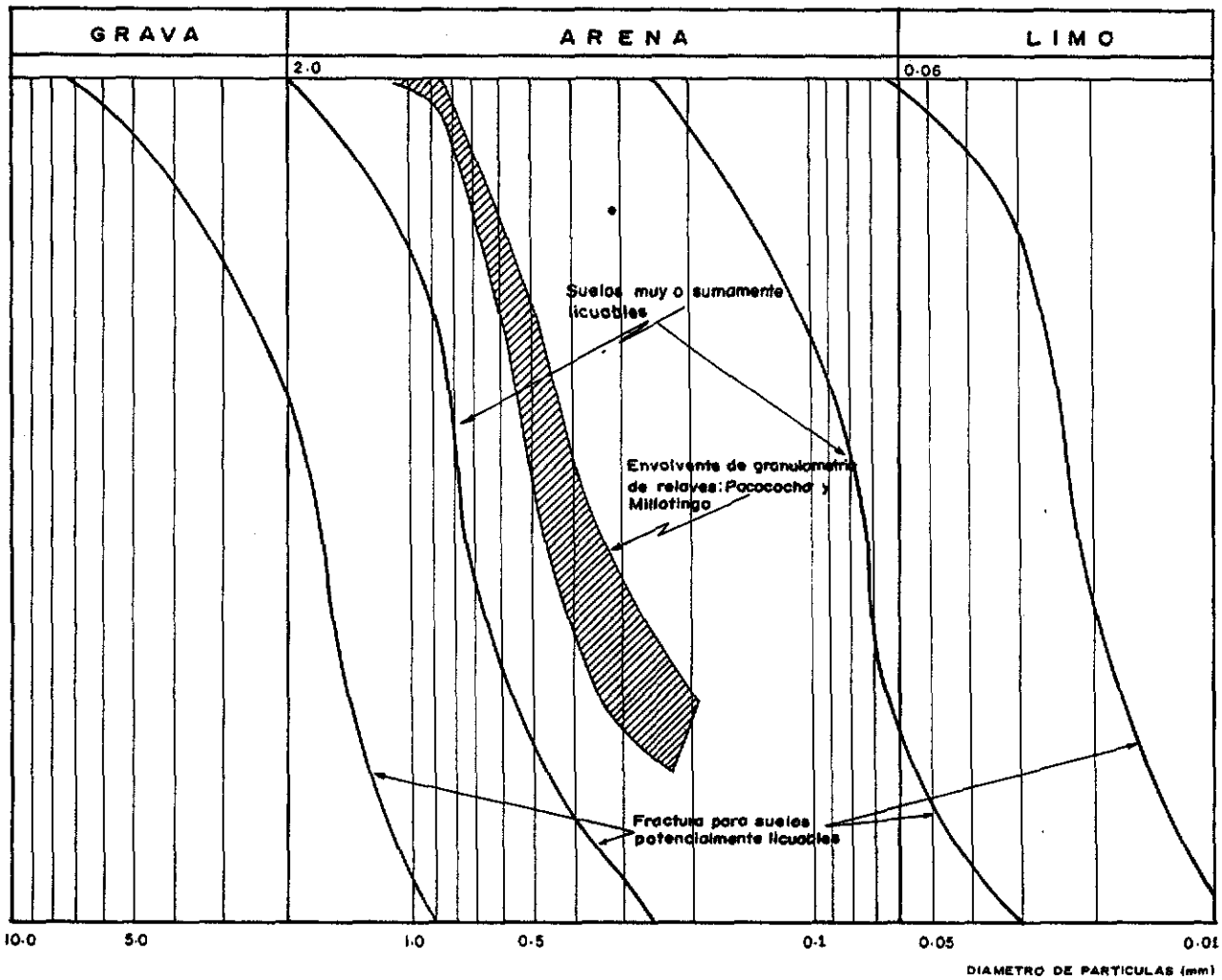
| MUESTRA | $D_{20}$ (mm) | $D_{50}$ (mm) | $D_{60}$ (mm) | $C_u$ |
|---|---|---|---|---|
| PC - 1 | 0.100 | 0.210 | 0.230 | 10 |
| PC - 2 | 0.060 | 0.177 | 0.210 | 10 |
| PC - 3 | 0.075 | 0.190 | 0.210 | 10 |

En el cuadro se observa que* $D_{10}$ es menor a 0.074, $D_{20}$ varía entre 0.075 a 0.100 mm., $D_{50}$ corresponde al rango 0.18 a 0.21 mm. y por último $D_{60}$ varía entre 0.21 y 0.23 mm. por consiguiente satisface las relaciones $D_{10}$ 0.10 mm., 0.02 $D_{20}$ 2 mm., 2 $D_{50}$ - 0.074 mm., $C_u$ 10 respectivamente y por consiguiente el material de la Presa por sus condiciones granulométricas son suceptibles a la licuefacción, a esto se suma la mala graduación y el lecho de tener un alto porcentaje de arena fina que juntamente con la baja densidad relativa (40%) hace que potencialmente sea licuable. Para corroborar estas apreciaciones usaremos los gráficos de frontera del Reglamento Japonés, para tal, superponemos las curvas granulométricas sobre la que da dicho reglamento observándose que cae dentro de la franja de suelos con propiedades muy o sumamente licuable. Gráfico N°39.

8.5.2 Presa de Relave Millotingo .- Aguas abajo de la Relavera Pacococha en la quebrada Tonsuyoc, se ubica la mina Millotingo (3,800 m. s.n.m.). Los depósitos de relave yacen a lo largo de la quebrada Tonsuyoc (foto N°32) cuyas condiciones geológicas y de suelo ha sido descrito al tratar la Presa de la Mina Pacococha.

El clima en la quebrada está influenciado por la altitud, variando de menos 0°C durante las noches a más 20°C durante el día, su promedio es + 12°C.

* Ver curva granulométrica.




RANGO DE DISTRIBUCION DE SUELOS SUCEPTIBLES A LA LICUEFACION

GRAFICO Nº 39

## CARACTERISTICAS FISICAS DE PRESAS DE RELAVES

| DEPOSITOS | CONDICIONES NATURALES | | | | | | | | | | | | CONDICIONES SATURADOS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MINA | POZOS | Pr+Ph (gr) | Pr+Ps (gr) | Pr (gr) | W % | Ph (gr) | Vf. ($cm^3$) | DENSIDAD HUMEDA $gr/cm^3$ | DENSIDAD SECA $gr/cm^3$ | POROSIDAD n | PROPORCION DE VACIOS C | GS ó Hr | W % | C | Sa |
| PACOCOCHA | PC – 1 | 107.60 | 102.15 | 56.09 | 11.83 | 51.51 | 29.89 | 1.723 | 1.541 | 0.518 | 1.077 | 35.16 | 33.65 | 1.077 | 2.059 |
| | PC – 2 | 113.60 | 108.25 | 57.22 | 10.48 | 56.38 | 29.89 | 1.886 | 1.707 | 0.466 | 0.874 | 38.38 | 27.31 | 0.874 | 2.174 |
| | PC – 3 | 109.12 | 105.80 | 58.55 | 7.03 | 50.57 | 28.88 | 1.751 | 1.636 | 0.489 | 0.955 | 23.53 | 29.87 | 0.955 | 2.126 |
| MILLOTINGO | MC – 1 | 111.40 | 104.80 | 58.50 | 14.25 | 52.90 | 29.64 | 1.785 | 1.562 | 0.511 | 1.048 | 43.51 | 32.75 | 1.048 | 2.074 |
| | MC – 2 | 105.60 | 98.25 | 57.00 | 17.82 | 48.60 | 29.39 | 1.654 | 1.404 | 0.561 | 1.280 | 44.55 | 40.00 | 1.280 | 1.965 |
| | MC – 3 | 98.35 | 96.40 | 51.70 | 4.36 | 46.65 | 29.64 | 1.574 | 1.508 | 0.529 | 1.122 | 12.44 | 35.05 | 1.122 | 2.037 |
| | MC – 4 | 102.20 | 98.30 | 57.20 | 9.49 | 45.00 | 29.39 | 1.531 | 1.398 | 0.563 | 1.289 | 23.56 | 40.28 | 1.289 | 1.961 |

Pr = Peso del recipiciente
Ph = Peso húmedo de la muestra de suelo
Ps = Peso seco de la muestra de suelo

W % = Porcentaje de humedad
Vt = Volumen total de muestra de suelo

Hr = Humedad relativa
C = Indice de poros
Sa = Peso específico aparente

Las precipitaciones anuales ocurren mayormente como lluvia y varía aproximadamente entre 576 a 125 mm., algo de nieve cae a partir de los 4,000 m.s.n.m. La mayor parte de las precipitaciones se producen en los meses de Diciembre a Marzo con un promedio máximo de - 151 mm. y en el resto del año es casi cero.

Durante el periodo de vida de la Mina Millotingo a la fecha se han almacenado varios millones de toneladas de relaves, distribuidos - en más de cinco depósitos, de los cuales tres funcionan normalmente, mientras que los restantes están abandonados.

Actualmente los depósitos N°4 y 5° que se ubican en el eje de la quebrada Tonsuyoc son los usados principalmente, mientras que el N°3, al lado de la concentradora, sirve de emergencia.

La capacidad de explotación diaria de la mina es aproximadamente - 250 TM., de esto, más del 90% son materiales esteriles que son bombeados y transportados hasta los depósitos N°4 y 5°, siendo el último de mayor volumen y es la que se describe a continuación :

El eje principal de este depósito tiene la orientación N 20°E mientras que la Presa sigue el alineamiento N 70°W con altura máxima - de 27.5 m. almacenando un volumen de 810,000 T.M.

Para utilizar la quebrada como depósito de relaves fueron desvia - das sus aguas mediante un canal construido a media ladera y que corre por el lado derecho del depósito para entregar nuevamente a la quebrada debajo del dique de arranque de la Presa.

El dique de arranque está construido por concreto ciclópeo de 1 m. de altura, sobre él se descargaron los relaves en el lado aguas arriba construidos con talud 1 : 1 1/2 hasta una altura de 6 m. variando luego la inclinación de los bancos entre 1 : 2 a 1 : 3 hasta la altura actual que alcanza 27.50 m. Los bancos son del orden de 3 a 5 m. de alto por 7 m. de ancho. La cresta la construyen - con pala, compactándolo manualmente, existe un desnivel con la laguna de decantación de más o menos 1 m. y está alejado 50 m. aguas arriba de la cresta.

La decantación se hace por rebose a través de un canal que sale de la laguna y da al conducto de desviación de agua de la quebrada.

Características del Material de la Presa .- Para conocer las características físicas y mecánicas del Relave se muestrearon en los pozos MC-1, MC-2, MC-3 y MC-4 que luego de ser analizados visual - mente y en el laboratorio, permite afirmar que son arenas limosas- (S.M.) heterogéneas de mala graduación con más del 80% de arenas - finas, salvo el pozo MC-2 que es un limo (ML) de baja compresibilidad.

En estado "INSITU" los dos primeros se encuentran húmedos (Hr = 44%) la napa freática se ubicó a una profundidad de 1.20 m. cuya densidad húmeda es de 1.7 gr/cm$^3$, mientras que los restantes se encuentran secos o ligeramente secos con densidad aparente de 1.5 gr/cm$^3$,

la ubicación de la Napa Freática es incierta en estos pozos. En condiciones saturadas la densidad se ve incrementado a 2.0 gr/cm$^3$.

El peso específico de sus partículas es de 2.7, la proporción de vacios varían de 1 a 1.3 que corresponde a un estado flojo.

Para calcular la compacidad basada en máximas y mínimas densidades calculadas en laboratorio y la natural de campo, varía de 70 a 85% lo que corresponde a un estado de consistencia de firme, desechando la muestra MC-4 por tener un valor muy bajo (13%) posiblemente a una mala toma de datos.

Resistencia y Deformación .- Los resultados de la prueba de corte directo con las muestras de MC-2, indican que el material para carga normal nula tiene resistencia al corte hasta de 0.15 Kg/cm$^2$, esto significa cierta cohesión; es la recta de resistencia al corte sus ángulos de fricción varían entre 25° a 30° grados para las condiciones naturales de campo. Mientras que en el pozo MC-3 con materiales identificados como Arena Limosa (SM) de la curva esfuerzo deformación, la rotura al corte se produce a una deformación del 8%, que es casi coincidente con la resistencia crítica, lo cual señala que la arena a la densidad "Insitu" de 1.5 gr/cm$^2$ al 4% de humedad se encuentra casi suelta.

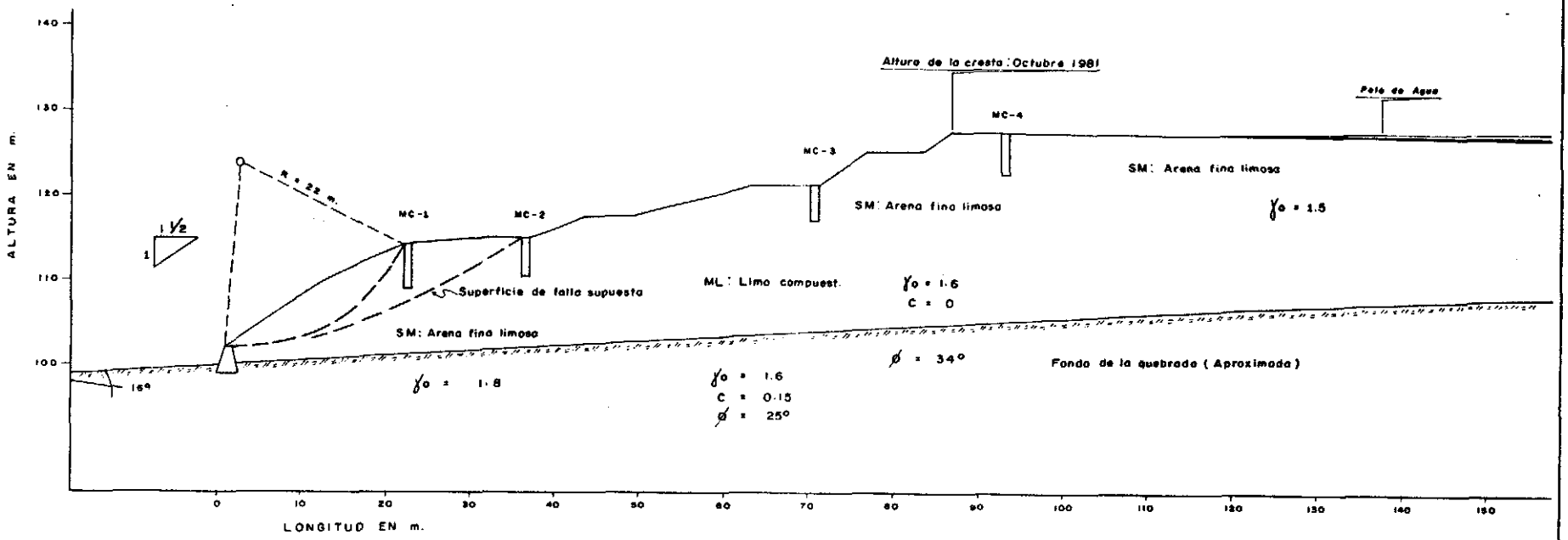
En la recta de resistencia indican que las arenas tienen ángulos de fricción interna entre 34° a 36°y por consiguiente la superficie de fallamiento con respecto a la horizontal es de 63°.

Tomando una de las series de superficie de fallamiento del gráfico N°40, el esfuerzo de corte que se desarrolla a la profundidad de 6 m. será S = 11,200 Kg/cm$^2$. La acción sísmica con aceleración de 0.40 g. es de F = 9.600 Kg. por consiguiente un factor de seguridad de 1.20.

Suceptibilidad a la Licuefacción .- Dado que el material del cuerpo de la Presa está formado por una arena heterogénea de mala graduación, con variación de sus diámetros de acuerdo al cuadro :

| MUESTRA | $D_{10}$ | $D_{20}$ | $D_{30}$ | $D_{50}$ | $D_{60}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| MC - 1 | 0.074 | 0.090 | 0.150 | 0.200 | 0.230 |
| MC - 2 | 0.004 | 0.013 | 0.020 | 0.060 | 0.075 |
| MC - 3 | 0.074 | 0.130 | 0.177 | 0.230 | 0.280 |
| MC - 4 | 0.060 | 0.125 | 0.177 | 0.230 | 0.290 |

Donde se observan que los diámetros efectivos son menores a 0.10 mm., $D_{20}$ están comprendidos entre 0.02 y 2 mm. $D_{50}$ están entre 2-




SECCION TRANSVERSAL ORIENTACION N 28° E : PRESA DE RELAVE MILLOTINGO

ESCALA : 1 : 1,000

GRAFICO N° 40

y 0.074 mm. por consiguiente presentan condiciones granulométricas de suceptibilidad a la licuefacción por la acción de un sismo. Salvo la muestra MC-2 que no es arena.

Por otro lado, usando los gráficos de fronteras, superponiendo las curvas granulométricas MC-1, MC-3 y MC-4, sobre aquellos, se observan que todos caen dentro de la franja de suelos sumamente licuables (Grafico N°39). Por consiguiente precisa un estudio más detallado sobre la evaluación de la licuefacción frente a un evento sismo mayor a 0.30 g. que es lo esperado en la región.

### 8.5.3 PRESA DE RELAVES EN "YAULIYACU"

El depósito de Yauliyacu, donde vierte parte de su relave la Mina Casapalca, está ubicado en la desembocadura de la quebrada Santa Rosa, ocupando el fondo del valle con flancos de fuerte pendiente. Plano N°5-4. Foto N°33.

El eje de la presa tiene una orientación según el eje de la quebrada N 45° W; dicha presa está formada por dos plataformas, la primera con altura de 135 metros llamada Yauliyacu, la segunda inmediatamente, aguas arriba tiene una altura de 100 metros denominada Nuevo Yauliyacu, en total ambas almacenan 6'400,000 $m^3$ tal como se puede ver en la curva altura - volumen; plano N°5-4.

La presa está cimentada sobre un material fluvio-glacial, que tiene como basamento rocoso andesitas que pertenecen a la formación Carlos Francisco.

Los relaves son transportados por gravedad hasta 5 Km. por el sistema de conductos forrados en jebe hasta el depósito de Yauliyacu, donde en parte es depositado, y el resto es elevado por un sistema de bombeo, por encima del primero hasta el depósito "Nuevo Yauliyacu". La separación de arena y lama es por medio de ciclones, la arena se deposita cerca a la cresta y el material fino es arrastrado por el agua en la dirección de la laguna.

Para utilizar el valle para almacenamiento de los relaves fue construido un túnel para derivación de la quebrada y fueron tendidos sus alcantarillas de decantación de tuberías de concreto en el lecho del valle.

La deposición de relaves en Yauliyacu es ejecutado empleando las técnicas de construcción aguas arriba y en Nuevo Yauliyacu empleando las técnica de construcción aguas abajo.

La base del depósito Yauliyacu, sirve como depósito de emergencia que inunda el pie del depósito principal y lo separa del Río Rímac.

La decantación se lleva a cabo por drenaje por gravedad. El túnel de derivación es de aproximadamente 450 m. de largo; las a -

guas de la quebrada son derivadas hacia 3 entradas del túnel, las-cuales están protegidas con concreto y rejillas de acero.

8.5.3.1 PRESA DE RELAVE "YAULIYACU"

Características del Material de la Presa .- Para conocer las características del material de la presa se realizó trabajos limitados de exploración y ensayos de laboratorio a lo largo del eje de la presa. De acuerdo a los resultados de laboratorio se deduce que el material de la presa varía progresivamente de limo-arcilloso a sedimentos más gruesos como arenas medias a finas hacia el pontón del depósito aguas abajo, con diámetros efectivos menores a 0.074 mm. el peso específico de sus partículas varía de 2.81 gr/cc. a 2.94 gr/cc., mientras que la densidad para el estado húmedo tiene como promedio de 1.62 gr/cm$^3$, para-las condiciones saturadas con humedad mayor de 30% es de 2.1 gr/cm$^3$, y con una proporción de vacíos que corresponde a un estado suelto.

Asímismo se realizó el control de los niveles piezométricos, que nos indicó los niveles del agua subterránea (May/82) el cual está graficado en el plano N°5-4 y que sugiere la presencia de un importante drenaje subterráneo en este-depósito, porque la superficie freática se deprime.

Resistencia y Deformación .- En el anexo respectivo se muestran las curvas de esfuerzo cortante-deformación, sometidas a cargas normales de 0.5 a 1.5 Kg/cm$^2$, de la recta de resistencia podemos afirmar que el material no tiene cohesión, sus ángulos de fricción interna varían de 34 a 38 grados, que es un ángulo representativo de arenas limpias.

Análisis de Estabilidad .- El procedimiento de estudio de estabilidad se basa en el uso de gráficos y abacos y observaciones de campo, debido a que no se determinaron en el sitio parámetros de resistencia de materiales del talud y-también a la complejidad que significaría un análisis detallado de estabilidad. Se utilizaron los gráficos y abacos del libro de Hoeck y Bray.

La determinación de la aceleración horizontal máxima para-la zona en estudio según Deza para un periodo de retorno de 100 años para terremotos de magnitud 8.4 es de 0.40 g.

Estabilidad Estática .- El mecanismo de falla se considera circular y se determinará el factor de seguridad para diferentes círculos con el gráfico de Hoeck y Bray.

Siendo el más crítico : Plano N°54

Altura H = 112 mts.
Cohesión C = 0

ángulo de fricción interna = 36°
ángulo de talud = 20°
densidad = 1,620 Kg/m$^3$

$$\frac{C}{8Htg\ \emptyset} = 0 \qquad \frac{Tg\ \emptyset}{Fs} = 0.7$$

$$Fse = \frac{0.73}{0.70} = 1.03$$

De acuerdo a esto la estabilidad de la presa para el mecanismo de falla es crítica para las condiciones estáticas.

Suceptibilidad a Licuefacción .- Los suelos granulares finos, tales como las arenas de los relaves y los limos son susceptibles de licuefacción.

Para su evaluación usaremos el criterio de Nishida, Oshaki para presa de relaves, para lo cual tenemos el siguiente cuadro:

| Muestra | $D_{10}$ (mm.) | $D_{20}$ (mm.) | $D_{50}$ (mm.) | $D_{60}$ (mm.) | $C_u$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Y - 1 | - | - | 0.007 | 0.011 | - |
| y - 2 | 0.009 | 0.035 | 0.011 | 0.140 | 15.55 |

que para analizarlo tendremos en cuenta las siguientes condiciones :

1) $D_{10}$ 2010 mm.
2) 2.0 mm. $D_{50}$ 0.074 mm.
3) 2.0 mm. $D_{60}$ 0.02 mm.
4) $C_u$ 10
5) Nivel freático superficial.

que corresponde al criterio de los autores mencionados en líneas anteriores, comparado con el cuadro anterior se observa que se satisface parcialmente las condiciones dadas, su densidad relativa calculada en base a sus máximas y mínimas es menor del 50% y está totalmente saturado, por lo tanto el material de la presa es suceptible de licuefacción.

8.5.3.2 PRESA DE RELAVE "NUEVO YAULIYACU"

El "Nuevo Yauliyacu" está ubicado inmediatamente aguas arri-

ba del relave de "Yauliyacu", en un valle con secciones transversales abruptas, tiene un túnel de derivación de 1,100 metros y está construida por el método aguas abajo, la presa tiene una altura actual de 100 metros, la forma de la deposición de los relaves ha sido mencionado anteriormente.

Características del Material de la Presa .- El material de la presa varía desde aguas arriba hacia el frontis del depósito-aguas abajo; de Limo-arcilloso a arena de media a fina, su diámetro efectivo es menor a 0.105 mm., mal graduada; el peso específico de las partículas varía de 2.84 gr/cc. a 2.93 gr/cc., con una densidad natural de 158 gr/$cm^3$.

Resistencia y Deformación .- En el ápendice también se muestra las curvas de esfuerzo de deformación sometido a cargas normales de 0.5 a 1.5 Kg/$cm^2$, de donde se deduce que el material no tiene cohesión, sus ángulos de fricción es de 36° que es característico de las arenas limpias.

Análisis de Estabilidad .- Se determinará siguiendo el mismo procedimiento que en la presa Yauliyacu para diferentes círculos de falla y con la aceleración horizontal considerado.

Estabilidad Estática .- Considerando una falla circular y con el gráfico de Hoeck y Bray. Plano N°5-4 y con los siguientes datos :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura | H | = | 95 metros |
| Cohesión | C̄ | = | 0 |
| Angulo de fricción interna | Ø/ | = | 36° |
| Angulo de talud | | = | 27° |
| Densidad | | = | 1.58 T/$M^3$ |

Se tiene un factor de seguridad 1.23 para el círculo de falla considerado para un estado estático.

Suceptibilidad a Licuefacción .- Usando el mismo criterio mencionado para la evaluación de licuefacción tenemos :

| Muestra | $D_{10}$ (mm.) | $D_{20}$ (mm.) | $D_{50}$ (mm) | $D_{60}$ (mm) | $C_u$ |
|---|---|---|---|---|---|
| NY - 1 | 0.0025 | 0.0070 | 0.030 | 0.037 | 14.8 |
| NY - 2 | - | 0.11 | 0.29 | 0.297 | - |

En el cual se nota que $D_{10}$ 0.10 mm, que $D_{50}$ está entre los 0.074 y 2.0 mm, que entre 2.0 a 0.2 mm se encuentra $D_{60}$, y $C_u$ 10 de lo que podemos deducir que los lineamientos propuestos por Nishida, Oshaki para la evaluación de los sue-

los que por su granulometría son propensos a la densificación se cumple parcialmente, sumado a esto su baja densidad relativa que es menor a 50% calculada en función de sus densidades máximas y mínimas y su densidad seca y la saturación a que está sometída.
Por lo que se concluye; que el material de la presa es suceptible a densificarse frente a una excitación dinámica. Como consecuencia de esta evaluación se concluye :

1.- El depósito denominado Nuevo Yauliyacu afecta la integridad del depósito de Yauliyacu, por encontrarse encima de éste.

2.- La estabilidad de los depósitos presenta riesgo considerable de falla de resistencia y licuefacción frente a una solicitación sísmica.

## 8.6 LAGUNAS REPRESADAS .-

En las cabeceras de la cuenca del Rímac y Santa Eulalia, existen buen número de lagunas que han requerido un reconocimiento sobre las condiciones de seguridad en que se encuentran y, con el objeto de conocer su comportamiento frente a un sismo severo, o a lluvias excepcionales que podrían comprometer las estructuras de represamiento y regulación, y a las obras de Ingeniería que se ubican aguas abajo de la cuenca. Esta inspección ha permitido hacer una evaluación de algunas lagunas en consideración al volúmen de agua almacenado y sus condiciones de estabilidad.

Las restantes se han evaluado mediante el análisis de las aerofotografías del Instituto Aerofotográfico Militar del año 1962, actualizándose con algunos datos que se consignan en el cuadro evaluativo, cuadro N°13 y 14.

En la cuenca del Río Santa Eulalia se ubican 50 lagunas y en la del Río Rímac los 35 restantes, que hacen un total de 85 lagunas (Mapa 3-4).

8.6.1 Laguna Magdalena .- Ubicada en la cabecera de la quebrada del mismo nombre, encima del Centro Minero Casapalca, provincia de San Mateo, su acceso es a través de la trocha que va a la Mina Caprichosa. El vaso de la laguna está constituido por una cubeta de origen glaciar rodeado perimetralmente por material morrénico.

Sus taludes varían de 5 a 40 grados, con abundante cobertura de pastos naturales, lo que demuestra buen grado de estabilidad para el material de recubrimiento se estima una potencia superior a los 20 metros. La boquilla de la laguna está sobre un dique natural morrénico con algunos afloramientos de roca, en general muy estable; sus taludes de aguas abajo varía de 5° a 10° de inclinación, aguas arriba es casi horizontal, el material de recubrimiento está constituido por arena limosa (SM) con buen porcentaje de material orgánico.

La laguna tiene forma alargada, cuya mayor longitud tiene dirección Norte-Sur, y sus dimensiones son de 450 m. por 200 m., su profundidad es variable, por las huellas se observa que el espejo tiene un ascenso de un metro, almacenando un volúmen de 0.35 millones de metros cúbicos.

En época de lluvias la laguna desagua por rebose con gasto de 100 lts./seg., en estiaje no tiene salida. El agua de la laguna es aprovechada en la planta concentradora de la Mina Caprichosa que se ubica 100 m. sobre la ladera derecha de la laguna.

8.6.2 Laguna Pachococha .- Esta laguna se ubica a inmediaciones de la Mina Pachococha, distrito de San Mateo; el vaso tiene forma alargada (600 mts.) en la dirección E-W y 300 m. de ancho con dirección N - S, la superficie del espejo de agua tiene 0.10 $Km^2$, bordea el lado izquierdo y fondo una escombrera de material extraido de la mina, así como de materiales caídos de las laderas; por el lado derecho, a 50 m. horizontalmente se ubica el campamento de obreros, con un-

desnivel de 30 m. con respecto al espejo de agua. El dique natural está formado por material de escombros bajado de las laderas adyacentes constituida por una arcilla limosa, sus taludes aguas abajo- es de 40°, en el terraplén se observa un relleno sanitario de 2 metros de espesor cubierto por material de afirmado de la carretera - que pasa por la boquilla de la laguna Foto N°34 ; a 40 metros aguas abajo se nota la presencia de ojos de filtración de la laguna con - gasto de 10 Lts/seg., sobre el dique natural se ha construído una - Presa de forma trapezoidal de albañilería de piedra y núcleo de concreto ciclópeo, la altura del muro es de 1.30 m. con ancho de coronación de 0.80 m. en una longitud total de 50 m.; además, lleva una compuerta manual que solo abren en épocas de lluvias, para evacuar un caudal de 150 lts/seg. En la fecha de inspección (19-10-81) el- espejo de agua se encontraba a 1 m. por debajo del borde del muro y la compuerta se encontró cerrada.

El aporte hídrico hacia la laguna es muy pobre, solo se ve incrementado en épocas de lluvias. Durante el estiaje el agua es usada en- la planta concentradora de la mina. En la actualidad para la evacuación, en épocas de lluvia, se están colocando un sistema de alcantarillas con tubería "ARMCO" de 36" colocado en trinchera por donde saldrá el agua por rebose.

El volúmen de agua almacenada se estima, en base a su configuración en 2.5 millones de $M^3$.

Condiciones de Seguridad .- Situaciones de riesgo para la laguna son los posibles desprendimientos de masas rocosas sobre el vaso, - que podrían ocurrir como consecuencia de movimientos sísmicos, lo - cual ocasionaría oleajes que podrían rebalsar y comprometer las oficinas y viviendas que se encuentran aguas abajo del dique natural.

Igualmente, como la laguna se encuentra en el área de explotación - de la mina se deben hacer estudios de topografía, batimetría y geotecnia con el fin de conocer el problema de los socabones sobre la- seguridad de la laguna.

8.6.3 Laguna Cutay .- Laguna ubicada en la quebrada Cutay afluente de la- cuenca del río Blanco; su forma es alargada en dirección Nor-este - Sur-Oeste con 850 m. de longitud y un ancho máximo de 350 m.; su cubeta está constituida por material de escombros provenientes de los cerros vecinos, los que se encuentran consolidados puesto que sus - taludes que varían entre 15 a 30 grados se muestran estables.

El dique natural está formado por escombros de talud provenientes - tanto del flanco derecho como del izquierdo y consisten de materiales arcillo-arenosos.

El desague es por rebose, mediante un canal natural, el gasto calculado (23-10-81) fue de 200 lts/seg., la fuente alimentadora son los manantiales de las pampas Joire que se encuentran encima cuyo volúmen de aporte es de 250 Lts./seg., por las huellas se observa que -

el espejo de agua en épocas de lluvia tiene un ascenso de 1.50 m. - Por las condiciones morfológicas de la cubeta, del dique natural, a sí como por la consistencia del suelo, es propicia para un represamiento para cuyo efecto se construiría una presa.

El volúmen estimado es de 2 millones de metros cúbicos.

8.6.4 Laguna Yuraccocha .- Laguna que da origen al Río Rímac, de tipo - glaciar se ubica en la quebrada del mismo nombre cuyas aguas dan al río Chinchan que se junta con el Ticticocha y forman el Rímac, su - forma es alargada en la dirección este-oeste, con eje mayor de 350- metros, perimetralmente se encuentran morrenas estables con abundante vegetación, cuyos taludes varían de 25 a 30 grados, y algunos afloramientos de roca (foto N°35).

El dique natural está formado por escombros de arena limosa, la boquilla de la laguna tiene una pendiente de 3 a 4% con una longitud- de 200 m. aguas abajo, los taludes laterales del canal de desague - es del orden de 30 grados, según su morfología y calidad de materiales son estables, la laguna tiene poca profundidad. El aporte hacia la laguna provienen del deshielo del glaciar Yuracocha que se - encuentra muy retirado y de aguas de lluvias que casi permanentemente caen en la zona, su desague es por rebose mediante un canal natural que evacua un volúmen de 300 Lts./seg. Se observa que la laguna tiene un ascenso del espejo de agua de 0.60 m., su boquilla es - suficiente como para evacuar mayor volúmen de agua.

El volúmen de almacenamiento se estima en 0.25 millones de metros - cúbicos.
Laguna muy estable sin riesgo.

8.6.5 Laguna Paticocha .- Pertenece a la cuenca de Santa Eulalia, exactamente se ubica en las cabeceras de la quebrada Yanacocha, cuyas a - guas desembocan al río Macachaca; su cubeta rocosa tiene recubri - miento de material granular, la dirección del eje mayor es de Sur - este a NOr-oeste. El área superficial del espejo del agua es de - 130,000 $M^2$, estimando un volúmen de 0.8 millones de metros cúbicos. La fuente de alimentación son las intensas lluvias que se producen- a esta altura (4,600 m.s.n.m.). El dique natural es del tipo mixto, roca con recubrimiento de material granular, con desague a través de su estructura por filtración y que dan a la quebrada y laguna - Mancacoto. Son muy estables. El caudal durante la inspección fue- de 150 Lts/seg.

Se observa que el ascenso del espejo de agua es de 1.50 m.,a este - nivel el agua sale de la laguna por rebose y filtración.

8.6.6 Laguna Paucarcocha .- Recibe las aguas de las lagunas Huamparcocha y Huachuacocha que están represadas, se ubica en la quebrada Huan - churina vertiente del Río Macachaca de la cuenca del Santa Eulalia.

La cubeta está formado por una serie de conos de escombros con abundante vegetación debido a la serie de manantiales existentes sobre todo en el lado donde recibe el aporte de las otras lagunas.

Sus taludes son muy estables, la boquilla está formada por dos conos de escombros que han bajado de las laderas adyacentes, cuyos taludes laterales son de 36° grados, muestra un canal natural de salida por donde evacua un volúmen de 350 Lts./seg. con una pendiente del 6%. El espejo de agua tiene una superficie aproximada de 120,000 $M^2$, arrojando un volúmen de 3 millones de metros cúbicos. Esta laguna por las características que presentan son estables.

8.6.7 Laguna Piticuli .- Ubicada en el distrito de Huanza, a 4,620 m.s.n.m., en las cabeceras de la Qda. Collque, aproximadamente a 4-Kms. del Centro Minero Huampar. El vaso tiene forma alargada de 2,500 metros en dirección Nor-Este y de 500 metros en la dirección Nor-Oeste, con una superficie de espejo de agua de 125 hectáreas bordea perimetralmente por el lado izquierdo un material morrénico poco potente, estable debido a la vegetación que presenta, para continuar bordeando material rocoso de naturaleza volcánica poco fracturado, el cual constituye la cubeta.
La boquilla de la laguna está sobre el dique natural de roca, sobre la que se ha construido una presa de albañilería de piedra con núcleo de concreto ciclópeo, con una altura máxima de 8.30 mts., un ancho de coronación igual a 1.70 metros y de una longitud total de 145.70 metros repartidos en tres tramos intercalados con afloramientos rocosos. En la fecha de inspección (13-4-82) el espejo de agua se encontraba a 70 centímetros por debajo de la coroñación del muro, con la compuerta manual cerrada y el aliviadero desaguando un caudal de 0.9 $m^3$/seg.

El volúmen de agua neta almacenada se calcula en 6.5 millones de metros cúbicos, alimentada por el glacial del Nevado Piti.

La seguridad de la laguna estaría comprometida por el rompimiento violento de la represa que al momento de la visita presentaba importantes y peligrosas filtraciones tal como se aprecia en las fotos N°35-A y 35-B, por lo que se deben hacer trabajos de reforzamiento de la Presa, inyectando cemento a la cortina.

8.6.8 Laguna Carpa .- Laguna ubicada a 4,500 m.s.n.m., cuya cubeta rocosa de forma circular, tiene una capacidad bruta de 21.2 millones de metros cúbicos, en un diámetro de 1,200 metros aproximadamente, las pendientes perimetrales varían de moderadas a fuertes (15° a 85°) cubiertas en algunas partes por abundantes vegetación, ésta laguna es alimentada por las lagunas Quiusha y Pucacocha. La Boquilla de la laguna está sobre un dique natural de roca, sobre la que se ha construido una presa de sección rectangular y trapezoidal de mampostería de piedra y núcleo de concreto ciclópeo, la altura de muro es 4.10 metros, ancho de coronación de 1.50 metros y una longitud de 63 metros, además lleva una compuerta manual de

2.40 de ancho que al momento de la visita estuvo cerrada (17-4-82), estando el espejo de agua a 10 centímetros por debajo de la coronación del muro. La presa presenta filtraciones a través de las juntas (Foto N°35-c) no muy importantes, pero que es necesario la inyección de lechada de cemento.

8.6.9 Laguna Quiusha .- Laguna ubicada a 4,650 m.s.n.m. tiene alimentación glacial y que a la vez dá su agua a la laguna Carpa, su forma es irregular, tiene una longitud de 1,300 metros en la dirección Norte-Sur y un ancho de 500 metros en la dirección Este Oeste, la cubeta del vaso es de roca que contiene un espejo de agua de 70 hectáreas aproximadamente que almacena 9.15 millones de metros cúbicos rodeado perimetralmente de roca con pendientes de moderadas a fuertes.

La boquilla de la laguna está en roca, sobre la que se ha construido una Presa en Arco de forma mixta (rectangular-trapezoidal) con albañilería de piedra y núcleo de concreto ciclópeo, la longitud de la presa es de 51.30 metros, con ancho de coronación de 2.00 y 16.60 metros de altura de muro, tiene una compuerta de 2.35 de ancho que al momento de la visita estaba cerrado, estando el espejo de agua a 10 centímetros por debajo de la corona del muro, la presa presenta filtraciones a vaso lleno que se deben tener en cuenta (Fotos N°35-D) por lo que, se recomienda la inyección de cemento al momento de hacer el reforzamiento.

8.6.10 Laguna Sacsa .- Esta laguna se ubica en la parte alta de la quebrada Sacsa de donde nace a 4,400 m.s.n.m. el vaso tiene forma irregular con una longitud total a 3,100 metros en la dirección Norte-Este y un ancho de 700 metros en la dirección Norte-Oeste, tiene una extensión aproximada de 170 hectáreas de espejo de agua, la cubeta no muy amplia es de origen glacial, con estribos de naturaleza morrénica que cubre la roca que aflora alrededor, el estribo izquierdo está conformado mayormente por materiales morrénicos estables, cubierto de vegetación (Fotos 4 y 6) con pendientes variables de 8° a 43°, en la parte media aflora roca en pequeña dimensión, la boquilla de la laguna está sobre un dique natural de morrena con afloramientos de roca muy estables sobre la que se ha cimentado una presa de mampostería de piedra, con núcleo de concreto ciclópeo de forma trapezoidal de 142.75 metros de longitud, 1.25 de ancho de coronación y 13.00 metros de altura, que lleva una compuerta manual de 2.35 metros de ancho, la altura del espejo de agua estuvo a 1.30 metros por debajo de la coronación del muro, está dotado además de canal que desagua 3.7 $m^3$/seg. calculada según las huellas y la fórmula de Mamming y un aliviadero de 11.15 metros de ancho, que desaguaba en el día de la visita, 2.6 $m^3$/seg. ya que la laguna estaba a vaso lleno.

La presa presenta filtraciones por las juntas poco importantes que no compromete en líneas generales su integridad.

8.6.11 Laguna Huallunque .- Laguna ubicada en las inmediaciones del campamento de la Mina Venturosa, a 4,510 m.s.n.m., tiene alimentación glacial, el vaso de la laguna, que almacena 1.6 millones de metros cúbicos, está constituido por una cubeta glacial cuyo estribo derecho está conformado por materiales detríticos con una pendiente bastante fuerte, el lado posterior está conformado por afloramientos de roca volcánica disectada por las quebradas que bajan del nevado que alimentan la laguna; el estribo izquierdo está conformado por afloramiento rocoso, detritos y material morrénico cubierto de pasto, sus pendientes a pesar de contener detritos están estabilizados, no presentando ningún tipo de peligro, la boquilla de la laguna está sobre un dique natural de morrena poco potente, sobre la roca Madre, en la que se ha cimentado una presa de tierra y enrocamiento de 118 m. de longitud, altura 23.16 m. y un ancho de coronación de 3.80 m., con un talud aguas arriba de 45% y 51% aguas abajo, está dotado además de compuerta manual, aliviadero de rebose que desagua por el mismo vertedero hacia un canal de forma trapezoidal de 1.20 de plantilla, que desaguaba 1.56 $m^3$/seg. Al momento de la visita la presa se encontraba en buenas condiciones estando el espejo de agua a 2.72 metros por debajo de la corona de la Presa con los aliviaderos funcionando; no se nota problemas de desprendimiento de rocas que generarían olas que comprometerían la estabilidad de la Presa.

8.6.12 Laguna Canchis .- Laguna ubicada a 4,420 m.s.n.m. en las inmediaciones del campamento Minero Caridad, que es alimentada por las lagunas Pucro, Misha y Alianza, cuyo vaso, que almacena 2.24 millones de metros cúbicos, está sobre una cubeta glacial; el estribo derecho está conformado por material morrénico de suave pendiente, cubierto de pasto, en la parte media del estribo por detritos y morrena con moderada pendiente, para terminar con afloramientos rocosos de fuerte pendiente. El estribo izquierdo por morrenas cubiertas de pastos y en el final de roca con pendiente fuerte. Al final del estribo derecho está ubicado la presa de relave de la Mina Caridad. La boquilla de la laguna está sobre una morrena poco potente, sobre lo que se ha construido una presa de albañilería de piedra con núcleo de concreto ciclópeo de forma trapezoidal con 75.31 metros de longitud, ancho de coronación variable de 80 a 1.10 metros y 4.80 metros de altura, el espejo de agua se encontraba a 30 centímetros por debajo de la coronación del muro, lleva además una compuerta manual, presentando filtraciones a lo largo del cuerpo de la presa que por ahora no compromete su estabilidad.

8.6.13 Laguna Chichis .- Laguna ubicada en las inmediaciones de Canchis sobre una cubeta glacial, rodeado por elevaciones de roca volcánica y materiales morrénicos que cubren gran parte de la roca en la parte baja, que están cubiertas de pasto, a

Página en blanco

## LAGUNAS DE LA CUENCA DEL RIO SANTA EULALIA

CUADRO Nº 13

| NOMBRE | NOMENCLATURA | LUGAR | RIO O QUEBRADA | DISTRITO | ALTITUD M.S.N.M. | CAPACIDAD (MILLONES) | | | PRESA | | | | DIQUE NATURAL O CIMENTACION | PROPOSITO | ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | VOL. BRUTO | VOL. MUERTO | VOLUMEN DISPONIBLE | TIPO | ALTITUD HIDROST. MAX. | LONGITUD DE CORONACION | ANCHO DE CORONACION | | | | |
| Carpa | SE-CA-01 | — — — | Huasca | Huanza | 4,500 | 21.20 | 3.40 | 17.80 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 16.40 | 63.00 | 1.50 | Presa cimentada sobre roca | LAGUNAS REGULADAS POR ELECTROLIMA CON FINES ENERGETICOS | Aliviadero natural, compuerta de 2.40 de ancho. | Estable para cargas Hidrostáticas y verticales, no por sismo a vaso lleno |
| Quiusha | SE-QU-02 | — — — | Huasca | Huanza | 4,650 | 9.15 | 0.48 | 8.67 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 16.60 | 51.30 | 8.00 | Presa cimentada sobre roca | | Aliviadero natural y compuerta de 2.35 de ancho. | Estable para cargas Hidrostáticas y verticales, presenta filtraciones. |
| Sacsa | SE-Sa-03 | Acobamba | Sacsa | Huanza | 4,400 | 16.75 | 1.86 | 14.89 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 13.00 | 142.75 | 1.25 | Cimentada sobre roca y morrena (Mixto) | | Aliviadero de 11.15 m, compuerta de 2.35 de ancho y canal | Estable, para cargas Hidrostáticas y verticales, no por sismo a vaso lleno. |
| Huachuacocha | SE-HU-04 | — — — | Huanchurina | Huanza | 4,570 | 5.60 | 0.62 | 4.98 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 13.90 | 224.00 | 1.50 | Presa cimentada sobre roca | | Aliviadero, compuerta de 0.9 x 1.0, canal | Estable para cargas Hidrostáticas, no por sismo a vaso lleno. |
| Mancacoto | SE-Ma-05 | Shorcancha | Yanacocha | Huanza | 4,530 | 1.73 | 0.16 | 1.57 | Albañilería de piedra asentada con mortero | 14.80 | 160.00 | 1.5 a 2.50 | Presa cimentada sobre roca | | Aliviadero y compuerta de 0.90 x 1.00 m. | Estable para cargas, además existe filtraciones sin mayor importancia |
| Huallunque | SE-Hua-06 | — — — | Macachaca | Huanza | 4,510 | 1.60 | — — | 1.60 | De tierra y enrrocamiento. | 20.44 | 118.00 | 3.80 | Cimentada sobre roca | | Aliviadero, compuerta y canal de desague. | Presa en buenas condiciones, estable. |
| Conchis | SE-Con-07 | Conchis | Pallca | Huanza | 4,420 | 2.24 | 0.16 | 2.08 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 4.80 | 75.31 | .80 a 1.10 | Presa cimentada sobre roca | | Dos aliviaderos, compuerta de 0.9x1.00 y túnel de salida | Estable bajo cargas verticales e Hidrostáticas, mas no por sismo a vaso lleno, presenta filtraciones sin importancia |
| Pucro | SE-Pu-08 | Conchis | Pallca | Huanza | 4,435 | 2.08 | 0.12 | 1.96 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 10.30 | 23.15 | 1.50 | Presa cimentada sobre roca | | Aliviadero, compuerta manual de 2.5 de ancho y canal de des. | Estable bajo cargas hidrostáticas, estáticas, presenta filtraciones por las juntas |
| Piticulí | SE-PI-09 | — — — | Pitií | Huanza | 4,620 | 7.10 | 0.60 | 6.50 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 8.30 | 145.70 | 1.70 | Presa cimentada sobre roca | | Aliviadero, compuerta de 0.90 x 1.00, canal | Estable bajo cargas verticales, más no por sismo, presenta filtraciones importantes a todo lo largo de la Presa. |
| Huampar | SE-Ha-10 | — — — | Huanchurina | Huanza | 4,630 | 3.80 | 0.47 | 3.33 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 9.80 | 126.00 | 1.50 | De roca y Aluvial | | Canal de salida y compuerta de 0.80 x 1.00 | Presenta filtraciones a través de las juntas |
| Huasca | SE-H -11 | — — — | Macachaca | Huanza | 4,400 | 6.55 | 0.55 | 6.20 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 8.95 | 64.54 | 1.43 | Cimentada sobre roca | | Aliviadero, compuerta de 2.60 y canal | Estable bajo carga verticales, hidrostáticas, no por sismo a vaso lleno, presenta filtraciones de consideración. |
| Rondan | SE-Ro-12 | — — — | Yanacocha | Huanza | 4,740 | 1.00 | 0.05 | 0.95 | Mampostería de piedra y concreto. | 9.00 | 70.00 | 0.75 | Presa cimentada sobre roca | | Canal de Aducción y una compuerta. | La presa lleva muros contrafuertes. |
| Chichis | SE-Ch-13 | Conchis | Pallca | Huanza | 4,490 | 2.60 | 0.38 | 2.22 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 9.50 | 93.25 | 1.20 | Cimentada sobre roca | | Compuerta, y canal de desague hacia laguna Pucro | Estable bajo cargas normales, presenta filtración por debajo de la cimentación |
| Misha | SE-MI-14 | Conchis | Pallca | Huanza | 4,650 | 0.67 | 0.02 | 0.65 | Mampostería de piedra asentada con mortero | 5.40 | 19.00 | 2.45 | Cimentada sobre roca | | Compuerta de 2.40 de ancho, aliviadero | Estable bajo todo tipo de carga, sin filtraciones. |
| | | | | | | $m^3$ | $m^3$ | $m^3$ | | mts. | mts. | mts. | | | | |

**PAGINA EN BLANCO**

CUADRO Nº 14

## CUENCA DE SAN MATEO (LAGUNAS)

| NOMBRE | NOMENCLATURA | QUEBRADA | DISTRITO | ALTITUD m.s.n.m. | SUPERFICIE DEL ESPEJO DE AGUA($Km^2$) | CAPACIDAD BRUTA (millones de $m^3$) | PRESA | | | | ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS | DIQUE NATURAL | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | TIPO | ALT. MAX. | LONGITUD CORONACION | ANCHO CORONACION | | | |
| Campacure | SM-CE-01 | Condorsuna | Surco | 4710 | | | - | | | | | Cimentación | Laguna de cuenca pequeña que durante la inspección estaba seca. |
| Nevería | SM-NE-02 | Turumanya | Chicla | 4569 | 0.12 | | - | | | | | Roca | |
| Quimacocha | SM-Quim-03 | Tacpin | Chicla | 4738 | 0.20 | 0.06 | - | | | | | Roca | |
| Yuraccocha | SM-YU-04 | Chinchan | Chicla | 4720 | 0.06 | 0.25 | - | | | | | Morrena | Nace el Río Rimac. Represada para uso en chancadora de agregados. |
| Ticticocha | SM-TI-05 | Antaranra | Chicla | 4720 | 0.10 | 0.40 | Albañilería | 1.50 | 35 | 1.00 | Sistema de compuerta y rebose | | |
| Rapagna | SM-RA-06 | Chucco | Chicla | 4520 | 0.20 | | - | | | | | | |
| Cutay | SM-CU-07 | Cutay | San Mateo | 4350 | 0.32 | 4.40 | - | | | | | Morrena muy estable | Laguna con buen aporte en condicíones para represar. |
| Colorado | SM-CO-08 | Aicagranga | San Mateo | 4330 | | | - | | | | | | |
| Pacushnioc | SM-PA-09 | | San Mateo | 4915 | 0.10 | | - | | | | | Roca | Laguna pequeña. Está en contacto con el glaciar. |
| Rinconada | SM-RI-10 | Río Blanco | San Mateo | 4780 | 0.13 | | - | | | | | | |
| Quiullacocha | SM-QUI-11 | Río Blanco | San Mateo | 4780 | 0.12 | | - | | | | | | |
| Pacococha | SM-PAC-12 | Parac | San Mateo | 4560 | 0.10 | 2.50 | Albañilería | .80 | 50 | 0.80 | Conducto cerrado tipo "ARMCO" | Morrena | A 40 mts. abajo de la Presa, existen filtraciones de la laguna. |
| Quimacocha | SM-QU-13 | Viso | San Mateo | 4750 | 0.05 | | - | | | | | | |
| Magdalena | SM-MA-19 | Magdalena | San Mateo | 4750 | 0.03 | 0.35 | - | | | | | Morrena | Sus aguas son bombeadas a la Planta Concentradora de la Mina Caprichosa. |

**PAGINA EN BLANCO**

4,490 m.s.n.m., que almacena 2.60 millones de metros cúbicos. Los estribos están conformados en su mayor parte por afloramiento de- roca cubierto por material morrénico con taludes suaves a fuertes. En la boquilla de la laguna se ubica la presa con núcleo de con - creto ciclópeo de forma trapezoidal, cimentada sobre material mo- rrénico y roca, dividido en dos tramos teniendo una longitud to - tal de 93.25 metros 9.50 de altura máxima y 1.20 de ancho de coro nación, presenta filtraciones por debajo de la cimentación en los sitios en que ésta, sobre material morrénico, mas no en el cuerpo de la presa.

8.6.14 Laguna Pucro .- Ubicado a 4,435 m.s.n.m. es alimentada por la - laguna Chichis, la cubeta es de origen glacial, rodeado perime - tralmente por roca con pequeña cobertura de morrena estable, con- pendientes que varían de 10° a 90° en algunos casos, almacenando- 2.08 millones de metros cúbicos; la boquilla de la laguna está so bre un dique natural de roca, sobre la que se ha cimentado una - presa de mampostería de piedra con núcleo de concreto ciclópeo de 23.15 metros de longitud, 1.50 metros de ancho de coronación y - con una altura de muro igual a 10.30 metros, el espejo de agua se encontraba 67 centímetros por debajo de la corona de la presa, es tá dotado además de una Compuerta Manual de 2.50 de ancho y canal de rebose.

Muestra filtraciones en el cuerpo de la presa a través de las jun tas que comprometen su estabilidad. Foto 35-E.

8.6.15 Comportamiento de Presas Construidas con Mampostería de Piedra .- Las presas de mampostería son estructuras de comportamiento mecá- nico muy complejo y dada su antiguedad es de suponer que los méto dos usados en el diseño, los materiales y los procedimientos cons tructivos empleados, en la actualidad han sido superados por lo - que ante una eventualidad de un sismo de gran magnitud es importan te considerar posibles fallas en sus estructuras; por esta razón- se han hecho observaciones de algunas presas que se ubican en las cabeceras de la cuenca de Santa Eulalia, tomando para ello como - muestra, los más significativos.

8.6.15.1 Presa Mancacoto .- Se construyó en la boquilla de la la guna del mismo nombre donde aportan sus aguas las lagu - nas Rondan y Paticocha. El lugar tiene un clima frígido variando desde + 10° a menos cero grados. Las precipita ciones deducidas ocurren durante dos temporadas Diciembre a Marzo con valores máximos de 263 mm. y como mínimo en- tre Junio a Agosto con cero milímetros, en el resto del- año el promedio máximo es de 93.96 mm. mensual.

El objeto principal de la obra es la generación de ener- gía eléctrica para la Gran Lima a través de la Central - Hidroeléctrica de Huinco, Callahuanca y Moyopampa (Foto- N° 36).

Características del Reservorio

- Zona de cortina

| | |
|---|---|
| Tipo | Mampostería de piedra con núcleo de concreto ciclópeo. |
| Altura máxima | 15 M. |
| Elevación de la coronación. | 4,530 m.s.n.m. |
| Volumen de la cortina. | 10,600 $M^3$ |

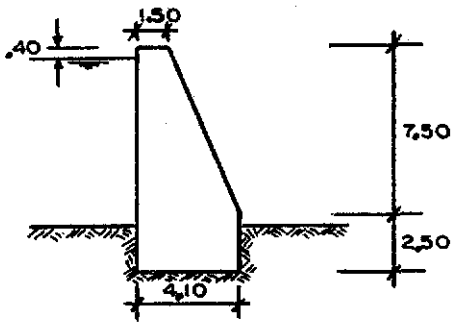
- Embalse :

| | |
|---|---|
| Capacidad total del vaso. | $1.73 \times 10^6$ $M^3$ |
| Capacidad útil | $1.57 \times 10^6$ $M^3$ |
| Elevación máxima-normal. | 14.80 M. |

La cubeta de embalse se ubica en la cota 4,500 de la quebrada Yanacocha, su vaso está rodeado de rocas y por consiguiente la Presa está cimentado sobre ella con una longitud de cortina de 160 m., de altura variable, siendo la máxima 15 m., su sección es trapezoidal construido con albañilería de piedra y concreto ciclópeo. A presa llena se observa filtraciones por las juntas pero sin mayor importancia. Perimetralmente al vaso, las rocas presentan pendientes fuertes que de producirse algún desprendimiento incentivados por sismos podrían ocasionar oleajes sobre la estructura de la cortina por lo que precisa un estudio desu comportamiento instrumentalmente.

8.6.15.2 Verificación de la Estabilidad de la Presa de Mampostería-Huamparcocha .-

FECHA : 08-1-81 PROYECTO : Cuenca del Rímac.



DATOS : Peso unitario albañilería : 2,000 K/$m^3$

- Fuerza sismo : $F_H$ = a.m.

Aceleración máxima para la cuenca del Rímac 0.40 g.

Fuerza sísmica horizontal $F_H = 0.40\ g. \times m. = 0.40\ W.$

Fuerza sísmica vertical $F_V = \frac{30}{100} . FH = 0.12\ W.$

- Presión Hidrostática :

$$H = \frac{1{,}000 \times (7.1)^2}{2} = 25{,}205\ Kg/m$$

- Incremento o disminución oscilatorio por sismo.

$$E_W = 0.555\ K.\ \gamma\ h^2$$

$$K = \frac{a}{g} = \frac{0.400}{g} = 0.40$$

Para $\gamma$ = 2,000 Kg/$M^3$

h = 7.10 m.

$E_W$ = 11,191 K/M.

- Sub-Presión :

$$U = \frac{1000 \times 7.10 \times 4.50}{2} = 15{,}975\ Kg/M.$$

1.- Análisis de condición de vaso vacío
Fuerzas hidrostáticas son nulas y despreciando el sismo y las fuerzas de hielo.

Fuerza activa es el Peso "W"

$$W = 3 \times 7.5 \times 2000 = 45{,}000 \text{ Kg.}$$

Cuadro de gravedad $\bar{X} = \dfrac{3x7.5x2/2+1.5x7.5x3.75}{\frac{3x7.5}{2} + 1.5 \times 7.5} = 2.875$

Excenticidad : $e = \dfrac{4.50}{2} - 2.875 = 0.625$

Los esfuerzos extremos son :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M.C}{I}$$

Reemplazando valores y simplificando.

$$\sigma = 1 \pm 0.058$$

Luego :

$\sigma_1 = 1.1 \text{ Kg/cm}^2$ (compresión)

$\sigma^2 = 0.9 \text{ Kg/cm}^2$ (compresión)

Momento de volteo : con respecto a "d"

- Sismo

Horizontal : $0.4x2000 \left(\frac{3x7.5x2.5}{2}+1.5x7.5x3.75\right) = 56250$ Kg-M

Vertical : $0.12x2000 \left(\frac{3x7.5}{2}x2+1.5x7.5x3.75\right) = -10125$ Kg-M

- Presión oscilatorio de sismo :

$M_E = 11{,}191 \times 3 = 33{,}573$ Kg - M.

- Presión Hidrostática

$M_H$ = 25,205 x 2.37 = 59,652 Kg-M.

- Subpresión :

$M_U$ = 15,975 x 3 = 47,925 Kg-M.

Por lo tanto el momento de volteo es :

$M_V$ 187,275 Kg - M.

Momento estabilizante :

$M_E$ = 45,000 x 3.875 = 129,375 Kg - M.

3.- Coeficiente de Seguridad

- Vaso Vacío :

Por Sismo : $\frac{129,375}{79,698}$ = 1.62 (Al volteo) correcto.

- Tomando coeficiente de fricción U = 0.7 (Albañilería)

$SH = 0.4x2000\frac{3x7.5}{2} + 1.5 \times 7.5 = 18,000$ Kg.

$Pu = 0.7 \times 45,000 = 31,500$

$C.S = \frac{31,500}{18,000} = 1.75$ (Al deslizamiento) correcto.

- Vaso lleno :

Cargas hidrostáticas únicamente.

Volteo= $\frac{129,375}{107,577}$ = 1.20 correcto.

Deslizamiento = $\frac{31,500}{25,205}$ = 1.25 correcto

Cargas Hidrostáticas y Sismos :

$$\text{Volteo} = \frac{129,375}{187,275} = 0.70 \text{ menor que la unidad.}$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{0.7\ (45,000+0.12x45,000-15975}{11.191+25,205+0.40x45,000} = \frac{24,098}{54,396} = 0.44$$

Esto si se considera que no hay adherencia entre los bloques- pero como es todo lo contrario, es decir los bloques son casi monolíticos, puesto que existe mortero de cemento, el esfuerzo cortante promedio a lo largo del plano es :

$$T = \frac{54,396}{100 \times 450} = 1.20 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Menor } 3.9 \text{ Kg/cm}^2 \text{ correcto.}$$

4.- Cálculo de los esfuerzos de compresión :

Comportamiento vertical de la Resultante :

$R_V = 45,000 + 0.12 \times 45,000 - 15,975 = 34,425$ Kg.

Centro de Momentos :

$$\frac{187,275 - 129,375}{34,425} = 1.68 \text{ m.}$$

Excenticidad = 2.25 - 1.68 = 0.57

$\sigma = 0.765 \pm 0.581$

$\sigma = 1.35$ Kg/cm$^2$ (compresión) correcto.

$\sigma_2 = 0.18$ Kg/cm$^2$ (compresión) correcto.

De igual forma se procedió con el analisis de estabilidad del resto de Presas que tienen mayor a 7 m. de altura.

8.6.15.3 Presa Huachuacocha .- La Presa Huachuacocha es del tipo de -

albañilería de piedra asentada con mortero cemento-arena, se encuentra localizada en las nacientes de la quebrada Huanchurina. Foto N°37. A 700 m. aguas arriba se halla la laguna Huamparcocha que descarga sus aguas sobre el vaso de Huachuacocha, la precipitación promedio máximo mensual en la zona es de 199 mm. mientras que el máximo mensual deducido es 320 mm.

La vegetación propia de la zona lo forman los pastos de altura con casi nada de arbustos, el clima es frígido, el objetivo principal de la obra es la regulación de sus aguas para la central hidroeléctrica de Huinco. Dentro de las principales características de la obra se tienen : (Foto N°38).

- Cortina :

| | |
|---|---|
| Tipo | De gravedad, de albañilería de piedra |
| Altura máxima | 14 m. |
| Ancho de coronación | 1.50 m. |
| Cota aproximada de la corona. | 4,570 m.s.n.m. |
| Longitud de la corona | 224 m. |
| Volumen de la cortina | ----- |

- Vaso :

| | |
|---|---|
| Volumen Total | $5.60 \times 10^6$ $M^3$ |
| Volumen útil | $4.98 \times 10^6$ $M^3$ |
| Altura máxima del espejo. | 13.60 m. |

El vaso de la laguna está ubicada en una cubeta glaciar en cuyo frente se ubica la Presa asentada sobre roca de buena calidad, en los flancos presentan conos de escombros con taludes variables de 20° a 45 grados por lo que no existen peligros de deslizamiento.

Durante la inspección (24-10-81) la compuerta estaba abierta por donde desaguaba 400 Lts/seg. La presa se encuentra en buenas condiciones.

Página en blanco

# 9.0 ZONAS CRITICAS

En este capítulo se agrupan algunas áreas que se consideran críticas por la magnitud de los fenómenos geodinámicos que ocurren dentro de su ámbito, así como también en consideración a las situaciones de riesgo que dichos fenómenos representan para las diferentes obras de infraestructura existentes dentro de su área de influencia. Estos casos ya han sido citados en su mayoría en el capítulo de geodinámica y aquí se analizan con mayor profundidad la problemática de cada situación en forma individual.

## 9.1 HUAYCOS

### 9.1.1 RIO CANCHACALLA

Características .- Es tributario del río Rímac por su margen derecha y se forma, principalmente, por el aporte de las quebradas Buenos Aires, Condorsuna y Chillán. Desemboca al Río Rímac en el sector de Sol y Campo. El ángulo de confluencia con respecto al eje del Río Rímac es de aproximadamente 40°, hecho que facilita la evacuación de los materiales que transporta.
En su porción superior afloran, principalmente, rocas intrusivas y secuencias volcánico-sedimentarias. En el sector medio e inferior afloran igualmente rocas intrusivas y secuencias volcánico sedimentarios, aproximadamente en igual proporción. En la base de las laderas se presentan acumulaciones coluviales de diferente espesor.

Las rocas que afloran en esta subcuenca presentan intenso diaclasamiento y alteración típica de climas áridos. En las proximidades del inicio de su cono deyectivo y en el cono propiamente dicho se observa abundante material suelto; sobre el cual dicha quebrada ha profundizado su cauce. En este tramo se producen derrumbes laterales, que al ocupar el lecho del río incrementan el volúmen de carga, que en temporadas de lluvia derivan a fenómenos de huaycos.

Riesgo Geodinámico .- Paralela al Río Canchacalla se desarrolla una carretera afirmada que comunica a pequeños núcleos poblacionales. Dicha vía es interrumpida anualmente debido a la ocurrencia de huaycos y derrumbes, sobre todo en el tramo comprendido entre el Caserío de Lauca y el Distrito de Canchacalla.

En el sector medio existen numerosos campos de cultivo que por efecto de erosión de riberas y posteriores derrumbes están perdiendo área útil.

En la zona de confluencia el canal de desague no es muy profundo existiendo el riesgo de desborde, con implicancias en la seguridad del área de Sol y Campo. Además, los huaycos que se generan en este río arrastran buen volumen de sólidos con la tendencia de desplazar el curso del Río Rímac hacia su margen izquierda comprometiendo la seguridad de la plataforma de la carretera.

## 9.1.2 QUEBRADA AGUA SALADA .-

Características .- Es tributaria del Río Rímac por su margen izquierda desembocando a la altura del Km. 51 de la Carretera Central. Se forma por la concurrencia de las quebradas Agua Salada, Antioquía y Sisigaya, que en conjunto están enmarcados dentro de un circo de erosión activa, con amplio desarrollo de cárcavas en su sector medio y superior. El curso principal discurre a lo largo de una falla. En esta sub-cuenca afloran secuencias volcánico sedimentarios que corresponden a las formaciones Arahuay, Casca, Rímac y Huarochirí. En los niveles superiores hay predominancia de secuencias lutáceas que han condicionado el desarrollo de un drenaje dendrítico. Esta característica litológica determina que los materiales sólidos que arrastran los huaycos son fundamentalmente finos.

Riesgo Geodinámico .- El tramo final del canal de desagüe es profundo, sin embargo, por las características de los flujos que arrastra, que son lentos y viscosos, siempre existe el riesgo de un eventual desborde, sobre todo en el Puente-Alcantarilla de la Carretera Central. Aguas arriba de este puente, un tramo de su cauce es poco profundo y es por donde ocurren desbordes de éstos flujos, que algunas veces llegan hasta la carretera, interrumpiendo su normal funcionamiento, igualmente origina la destrucción de los campos de cultivo aledaños.

Consideraciones para Cálculos Hidraúlicos .- Se considera en este ítem las fórmulas usadas en los cálculos hidrológicos e hidráulicos para el análisis de las quebradas.

Velocidad .- Con la fórmula de Manning

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{.....1}$$

donde :

V = velocidad

$R = \frac{A}{P}$

R = radio medio hidraúlico

A = área mojada de la sección

P = Perímetro mojado

S = Pendiente

n = Coeficiente de sugocidad de las paredes de la sección.

Gasto .- Con las siguientes fórmulas

1.- Con la de continuidad

$$Q_1 = VA$$

donde :

Q = gasto
V = velocidad media
A = área hidráulica

2.- Con la de Burkli - Ziegler

$$Q_2 = 0.22\ CAi\ \frac{S}{A} \quad \text{.....(2)}$$

donde :

$Q_2$ = gasto
C = coeficiente de escurrimiento que depende de la naturaleza del terreno.
i = precipitación en cm.por hora correspondiente al aguacero más intenso durante diez minutos.
A = superficie tributaria en hectáreas.
S = Pendiente del terreno en m/Km.

Algunos valores del coeficiente C

| | |
|---|---|
| Terrenos de cultivo | 0.25 |
| Terrenos montañosos | 0.18 |

Para la determinación de i aplicaremos la fórmula empírica de YARNELL HATHAWAY determinada en función de la duración del aguacero más intenso.

$$i = 9.25\ i_h\ T^{-0.55} \quad \text{.....(3)}$$

donde :

i = intensidad de precipitación en mm.

$i_h$ = intensidad probable de aguaceros de 1 hora de duración, aquí se considera que la lluvia de una hora de duración deja un volúmen igual a 30% de la precipitación máxima en 24 horas.

T = tiempo del aguacero en minutos.

Evaluación Hidraúlica de la Alcantarilla .- Se refiere al puente alcantarilla que da paso a la Carretera Central y que se ubica sobre la Quebrada Agua Salada. Para esta evaluación se han considerado los registros de las estaciones de Santa Eulalia y Matucana, cuyos datos han servido para la verificación de su suficiencia al paso hidráulico.

Usando la fórmula de Burkli - Ziegler, calculando previamente la intensidad de precipitación.

$i_h = 5.156 \times 0.3 = 1.5$ mm.

$t = 10$ min.

que al reemplazar nos da

$i = 3.9$ mm.

luego :

$A = 1{,}350$ hect.

$C = 0.25$

$S = \frac{870 \text{ m.}}{5 \text{ Km.}} = 174$ m/Km.

Se tiene :

$$Q_1 = 0.22 \times 0.25 \times 1{,}350 \times 0.39 \quad \frac{174}{1{,}350}$$

$Q_1 = 17.35$ m$^3$/seg.

Diseño de Alcantarillas .- Esta quebrada tiene mucho material sólido, el porcentaje que se estima de acuerdo a otras quebradas varía del 20 al 50%, tomando conservadoramente 50%, el escurrimiento será :

$$Q = 17.35\ M^3/seg. \times 1.50 = 26\ M^3/seg.$$

Con la fórmula de Manning (1) y
combinando con la ley de continuidad
tomando ancho de la alcantarilla B = 3.50 m.

$$26 = \frac{1}{0.08} \left( \frac{3.5\ y}{3.50 + 2y} \right)^{2/3} (0.10)^{1/2} (3.5y)$$

Resolviendo se obtiene :

$$y = 1.90\ m.$$

Considerando un borde libre de 1.00 m. para que la alcantarilla no esté ahogada la altura total desde el lecho será :

$$H = 1.90 + 1.00 = 2.90\ m.,\ \text{digamos } 3\ mts.$$

Recomendaciones .- En esta estructura se observa que la altura total de 2.18 m., no tiene borde libre y por consiguiente el material de arrastre obstruye el escurrimiento libre, comprometiendo desde luego la carretera en el tramo de la ruta - Lima-Matucana. Para cumplir eficientemente su función hidráulica y para que trabaje a escurrimiento libre, se debe profundizar el cauce de la quebrada iniciando desde el Río Rímac hasta 20 mts. aguas arriba de las alcantarillas en una profundidad de 1.00 m.

### 9.1.3 RIO SECO

Características .- Es tributario del Río Rímac por su margen izquierda, desembocando a la altura del Km. 55 de la carretera central.

En el sector medio y superior de la cuenca afloran, principalmente, secuencias volcánicas sedimentarias del grupo Rímac que consisten de andesitas, brechas, tufos andesíticos y areniscas tufáceas, con predominio de facies tobáceas con alto porcentaje de ferromagnesianos. En menor proporción afloran rocas intrusivas del tipo tonalitas y granodioritas, también paquetes volcánico sedimentarios de la formación Huarochirí y Casma.

Morfológicamente, las vertientes de su márgen derecha son empinadas, con cursos de agua relativamente cortos y rectos; asimismo,- existe poca acumulación de material cuaternario en sus taludes.

Contrariamente a estas características, las vertientes de la margen izquierda son menos abruptas, en el que se presentan cursos - de agua de mayor longitud. Es de notar una mayor acumulación de- materiales coluviales y residuales, localizándose al Sur de San - Bartolomé y al NE de Chaute 2 circos de erosión activa. Su conodeyectivo es amplio y muestra 2 niveles; una terraza alta de gran espesor, actualmente seccionada por la quebrada Río Seco en un proceso de rejuvenecimiento. Estas terrazas son las más antiguas y su gran espesor demuestra que en el pasado, los fenómenos de huaycos tuvieron gran actividad. El nivel inferior corresponde - a depósitos de huaycos relativamente modernos y son de menor espesor.

Los huaycos que se producen en esta quebrada ocurren en cada temporada de lluvias y arrastran gran volúmen de sólidos con su se - cuela de daños. (Foto N°39).

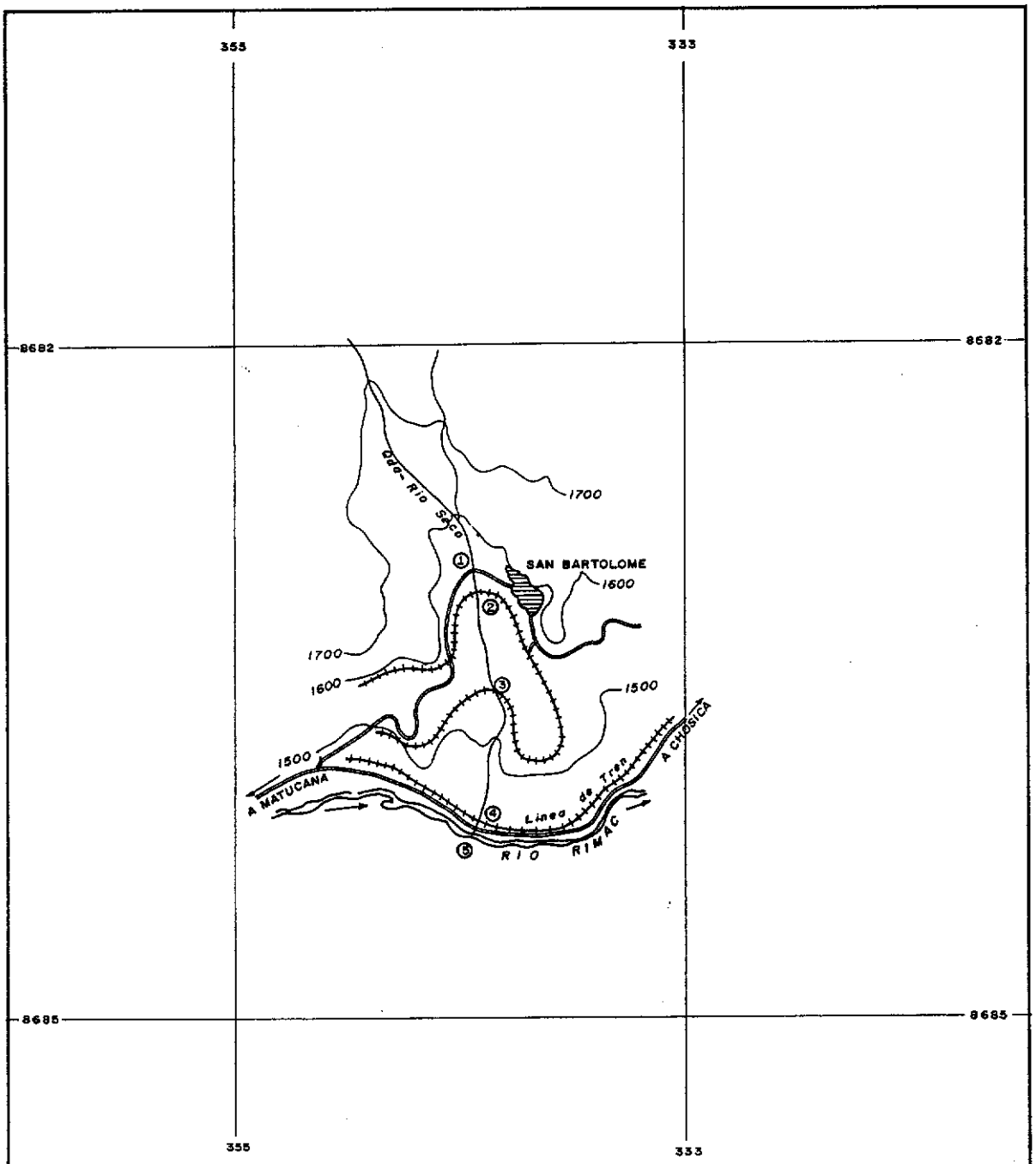
Riesgo Geodinámico .- Las principales obras de infraestructura - expuestas a destrucción por efecto de los huaycos que se generan- en esta quebrada son la carretera central (foto N°40-22), ferrocarril central que efectúa un amplio desarrollo justamente en su cono deyectivo y la carretera que da acceso al pueblo de San Bartolomé.

Desde sus nacientes 4,000 m.s.n.m. hasta la intersección con el - río Rímac 1,490 m.s.n.m. el curso principal del Río Seco es sinuoso, recibe el aporte de una serie de pequeñas quebradas que bajan lateralmente de sus laderas; el primer tramo comprendido entre - las cabeceras y la localidad de Chaute tiene la dirección Este - Oeste, luego sigue una orientación de N 60 E hasta el distrito de San Bartolomé, para finalmente entregar, casi perpendicularmente, al Río Rímac.

Estos cambios de dirección del eje hidraúlico y la incoherencia - de los suelos superficiales hacen que el río en temporadas de lluvia arrastren un volumen apreciable de materiales, producto de la erosión y escurrimiento de sus laderas. Sobre todo de la zona media y baja de la quebrada.

En el último tramo, San Bartolomé-Río Rímac, para el paso a la línea del tren y la carretera central se construyeron sobre su cauce cinco estructuras de arte; (ver ubicación gráfico N°41) la primera en la trocha carrozable que va al distrito de San Bartolomé, un Puente de losa de concreto que por defectos constructivos y mala ubicación estrangulan al río, represándolo y desviando su curso al lado izquierdo comprometiendo la línea del tren en los puntos (2) y (3). Foto N°22 y 39.

Un problema que se presenta anualmente en los meses de Enero y - Marzo es en el Km. 55 de la carretera central; donde dos estructu




**QUEBRADA RIO SECO**

**UBICACION DE LAS ESTRUCTURAS**

ESCALA : 1:25,000

GRAFICO Nº 41

ras de arte proyectadas (N°4 y 5) y construidos a una separación de 20 m. y 5 metros de desnivel, hacen que se produzca un salto hidráulico llenando el espacio entre las dos estructuras con los materiales que arrastran (Foto N°41). La N°4 que se ubica aguas arriba, corresponde a la línea del tren, sortea el río con un tú nel artificial construido por debajo del lecho, por consiguiente la avenida pasa por encima de la bóveda, produciendo un salto - que al caer son amortiguados; primero por la poca pendiente del- lecho del río seco (3%) en este tramo, segundo por la reducción- brusca del cauce; puesto que a 15 m. de la caída se ubica un - puente de la carretera central de tres tramos de 9 m. c/u. y de- poca altura (3 m.) sin transición, cuyos pilares y estribos ac túan como represas para las grandes cantidades de materiales que arrastran (Gráfico N°42). Se estima que el año 1981 (Febrero) - bajo un volúmen de 15,000 $M^3$, provocando un rebalse por la plata forma y bordes laterales del canal, comprometiendo la línea del- tren y la carretera central, interrumpiéndose el tránsito en un- gran tramo.

Estos flujos se canalizaron por la calzada de la carretera y por la línea del tren hasta el lugar denominado Oscoya destruyendo - las plataformas de la línea del tren y carretera central.

Cálculo de la Avenida .- Con la finalidad de conocer el aporte- hídrico de la cuenca y su influencia sobre las obras de arte cons truidas tanto en la línea del tren como en la carretera central, se calculará la descarga que puede esperarse para la más severa- combinación de las condiciones meteorológicas e hidrológicas.

Esta estimación se apoya en los estudios hidrológicos generaliza dos para la cota de m.s.n.m. que se consideran como promedio pa- ra todo el área de contribución.

Area de Recepción = 5,240 hectáreas.
Diferencia de altura a lo largo de quebrada

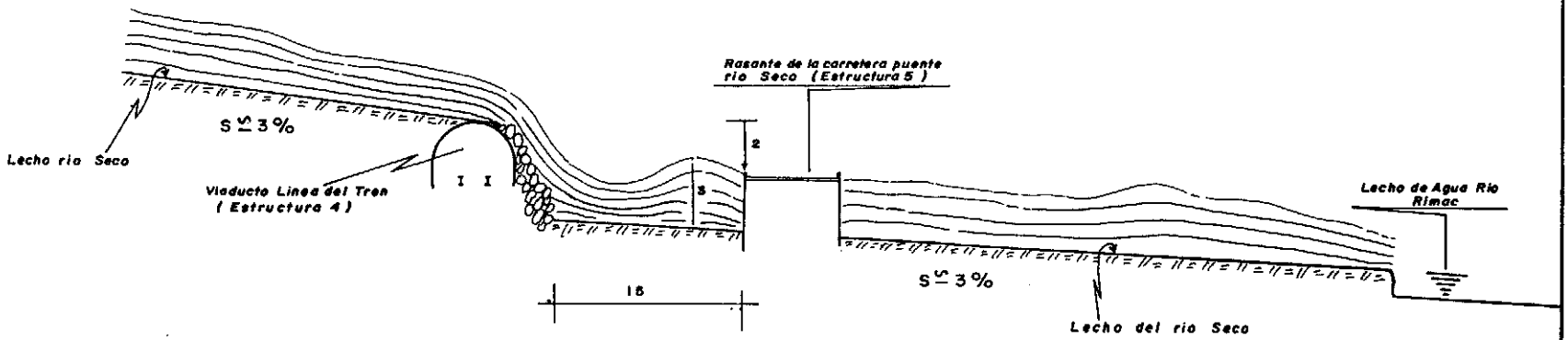
4,400 - 1,475 = 3,925 m.

Longitud de quebrada = 12 Km.
Calculando el caudal de diseño. Usando la fórmula de Burkli - Ziegler (2)

$$Q = 0.22 \; C \; A \; i \; \frac{S}{A}$$

Con los siguientes datos :

C = 0.25
A = 5,240 hectáreas
i = 3.9 mm.




CORTE LONGITUDINAL DEL RIO SECO: ZONA DE ENTREGA AL RIO RIMAC

GRAFICO Nº 42

ESCALA HORIZONTAL 1:500
VERTICAL 1:250

$$S = \frac{3,925}{12} = 243.75 \text{ m/Km.}$$

Reemplazando :

$$Q = 0.22 \times 0.25 \times 5,240 \times 0.39 \quad \frac{243.75}{5240}$$

$$Q = 52.20 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

En condiciones teóricas nos da un caudal máximo de 52.20 $m^3$/ seg.

Verificación de la Sección Hidráulica .- Considerando que las avenidas ocasionan problemas sobre el puente de la carretera central, la verificación se analizará sobre esta estructura, teniendo en cuenta un 50% de material de arrastre como sólidas; bolonería piedras, palos, arena, etc.

$$Q = 52.20 \times 1.50 = 78.30 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

Digamos 78 $M^3$/seg.

B = 40 m. (ancho del río)
H = 0.06
S = 0.03
A = 94
P = 9 + 2y

Por Manning :

$$Q = 27y \quad \frac{9y}{9+2y}^{2/3} \quad \frac{(0.03)^{1/2}}{0.08}$$

Resolviendo $Y_n$ = 1.35 digamos 1.40

El tirante crítico en sección rectangular :

$$Y_c = 0.468 \ (q)^{2/3}$$

$$\text{donde : } \quad q = \frac{78.30}{40} = 1.96 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Y_c = 0.468 \times (1.96)^{2/3} = 0.793 \text{ m., Menor } Y_n$$

Al caer de la bóveda del ducto llega a un colchón con una velocidad cuyo tirante es :

$$78 = (40\ y) \left(\frac{40\ y}{40 + 2y}\right)^{2/3} \left(\frac{(0.13)}{0.08}\right)^{1/2}$$

Resolviendo :

$$Y_n = 0.50 \text{ m. menor } Y_c$$

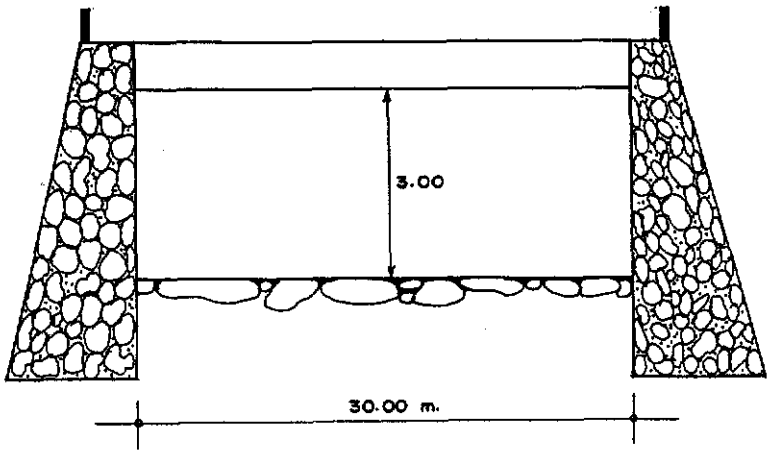
Lo que demuestra al sufrir el río la contracción de 40 a 27 m. - hay una pérdida de energía con el consiguiente cambio de régimen de torrencial a tranquilo, produciéndose un salto hidráulico, - sirviendo de colchón el espacio comprendido entre las dos estructuras.

Recomendaciones .- Siendo la carretera central la principal arteria de penetración con intenso tráfico vehicular, merece hacer un cuidadoso estudio de la situación, antes de proponer cualquier tipo de control de avenidas en esta quebrada.

Medidas que se proponen :

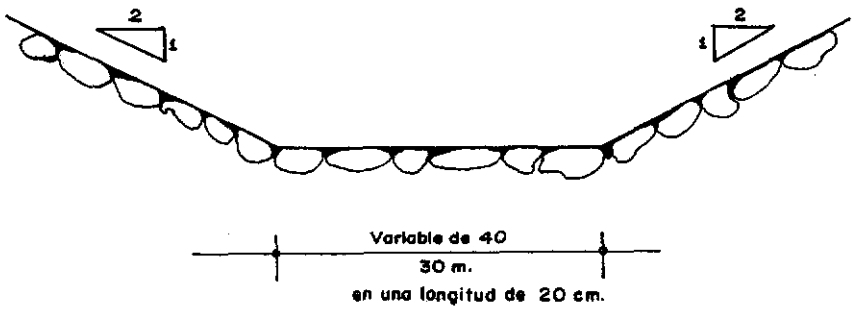
- Reemplazar el puente continuo de tres tramos por una estructura simplemente apoyada de 30 mts. de luz (ver gráfico N°43); - en vista que los pilares y los estribos existentes, actúan como represas para la cantidad de materiales que llegan reduciendo la eficiencia hidraúlica de sus secciones. Se ha demostrado que de no haber atoramiento el tirante normal de aguas con- cambio de régimen es 1.40 m., considerando un borde libre de - 1.00 m. para no trabajar ahogado, la altura total requerida sería 2.40 m. que es menor a la altura existente (3 m.) en obra. A esta medida se sumarían el mantenimiento contínuo de la limpieza del lecho desde el pie de la rápida hasta la intersección con el cauce del Río Rímac.

- Construcción de una vía ducto paralela e igual a la vía férrea en una longitud de 300 metros; complementañdose se tendría que mejorar y rectificar el cauce del río mediante la construcción de muros de encausamiento, sobre la bóveda de los ductos hasta la entrega al río Rímac. Gráfico N°44.



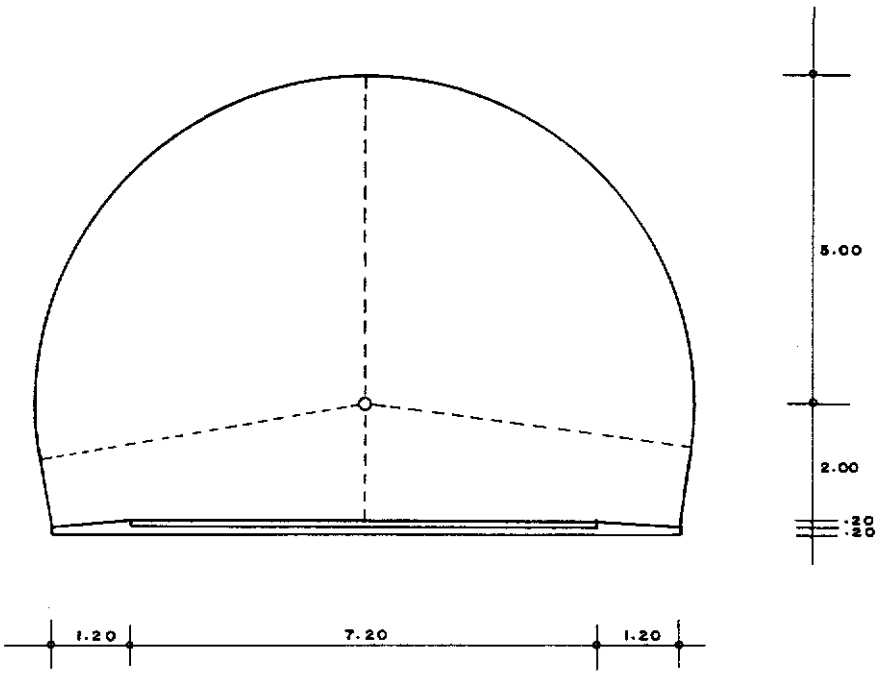

PUENTE DE UN SOLO TRAMO PROPUETO RIO SECO

Fig. Nº

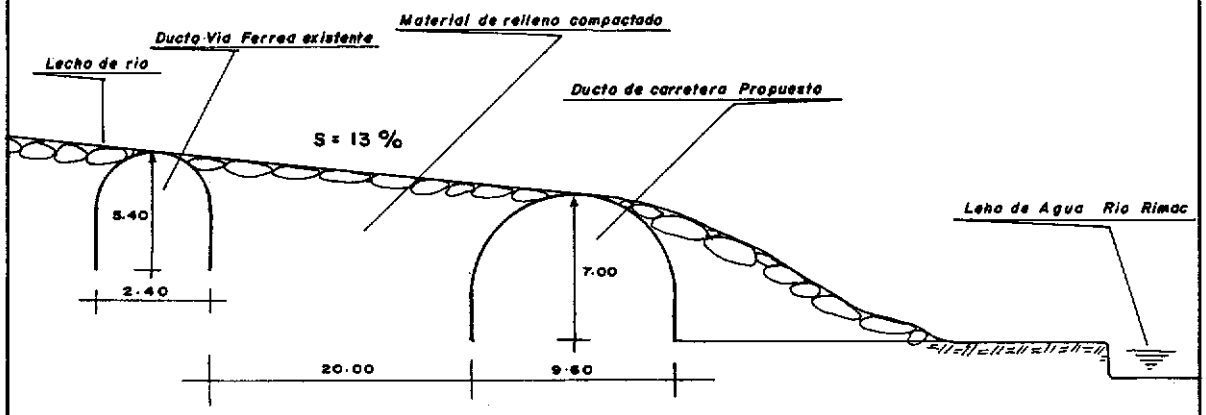



TRANSICION ENTRE RAPIDA DEL DUCTO Y ALETAS DEL PUENTE PROPUESTO RIO SECO

GRAFICO Nº 43




SECCION TIPICA DEL DUCTO PROPUESTO-RIO SECO




CORTE LONGITUDINAL DE UNA ALTERNATIVA RIO SECO

GRAFICO Nº 44

### 9.1.4 QUEBRADA LA ESPERANZA

Características .- Se trata de una quebrada de corto recorrido y de fuerte pendiente, conformada por 2 quebradas principales.- Es tributario del Río Rímac por su márgen izquierda, confluyendo a la altura del Km. 57 ± 500 de la carretera central.

El basamento rocoso de esta subcuenca lo constituyen derrames andesíticos con fuerte fracturamiento y notorio grado de alteración, factores que han contribuido a la acumulación de materiales coluviales y residuales. Sobre estos materiales, la escorrentía superficial ha formado pequeños torrentes que transportan los materiales sueltos hacia la base de las laderas conformando escombros de elementos angulosos heterométricos y poco coherentes.

En la temporada de lluvias de 1981, la base de los taludes fue erosionado y produjo el desplazamiento de los materiales de las laderas al lecho de la quebrada y que al incrementarse las lluvias descendieron en forma de flujos lentos destruyendo un tramo de la carretera, ferrocarril y el pequeño poblado La Esperanza. (Foto N°42). El pequeño torrente que existe en esta quebrada es permanente y su origen debe estar relacionado a filtraciones a través de las rocas andesíticas que se presentan muy fracturadas.

Riesgo Geodinámico .- Teniendo como antecedente que los flujos que se generaron en esta quebrada, en la temporada de lluvias de 1981, fueron los que ocasionaron las interrupciones más significativas de la vía central; este sector se considera como una zona crítica por el riesgo geodinamico existente, ya que en los tramos altos y bajos de la quebrada se presentan grandes acumulaciones de materiales poco coherentes; a este factor hay que añadir la fuerte pendiente de la quebrada que facilita el desplazamiento de dichos materiales, que al descender en forma de flujos lentos ocasionan daños considerables en la vía férrea y carretera central. Además, estos flujos al desembocar al Río Rímac embalsan sus aguas transitoriamente, para luego irrumpir aguas abajo desbordándose en el sector de Tornamesa.

### 9.1.5 SECTOR QUEBRADA CARIÑITO

Características .- Corresponde a un tramo de aproximadamente 2.5 Km. de largo ubicado en la márgen izquierda del Río Rímac y que muestra un flanco de fuerte pendiente con abundante acumulación de materiales poco coherentes (Foto N°21). En estas condiciones se han desarrollado una serie de torrenteras, siendo la principal la denominada Quebrada Cariñito, donde se generaron importantes flujos en la temporada de lluvias de 1981, que motivaron la interrupción de la vía central e inundaciones en el área de Tornamesa. Además de esta quebrada existen numerosos frentes de flujos que en conjunto podrían derivar a deslizamientos con efectos imprevisibles.

Estos flujos se activan solo ocasionalmente y en razón directa a las mayores precipitaciones que puedan ocurrir en dicha zona.

El basamento de este sector lo conforman rocas volcánicas de naturaleza andesítica, bastante fracturadas y una alteración profunda.

Riesgo Geodinamico .- En años anteriores, este sector, ha estado soportando una actividad geodinámica incipiente que se traducía a pequeños torrentes sin mayor consecuencia en la seguridad de las vías de comunicación.

Sin embargo, durante la temporada de lluvias de 1981, alcanzó gran actividad especialmente en la quebrada Cariñito por donde se generaron importantes flujos de lodo y piedras, ocasionando destrucción de la carretera central.

Las características morfológicas actuales, la presencia de grandes acumulaciones de materiales inconsolidados en sus taludes y la ocurrencia periódica de precipitaciones excepcionales son factores que condicionan una situación de riesgo potencial para el tramo de la carretera y ferrocarril central que se sitúan en este sector. Además, estos flujos, pueden represar momentáneamente el río Rímac para luego provocar inundaciones en el sector de Tornamesa.

### 9.1.6 QUEBRADA VERRUGAS

Características .- Afluente del Río Rímac por su márgen izquierda, confluyendo, aproximadamente, a la altura del Km. 60.5 de la carretera central. Su cuenca es pequeña, de flancos empinados con amplio desarrollo de torrenteras, que han contribuido, fundamentalmente, a la deposición abundante de materiales de escombros en la base de los taludes. El cauce principal es profundo y encañonado, accidente que se ha formado por erosión vertical en estos depósitos poco consolidados, de composición heterométrica en el que destacan la presencia de bolones que adquieren significación en la mecánica de los huaycos. Cuando sucede un huayco, estos bolones obstruyen momentáneamente el libre paso de los flujos, para luego seguir descendiendo con mayor violencia. Toda esta subcuenca constituye una zona de erosión activa, siendo periódica la ocurrencia de flujos de huaycos.

En el aspecto geológico predominan rocas volcánicas andesíticas e intrusivos tonalíticos y granodioríticos. Ambas unidades se presentan con fuerte fracturamiento, hecho que facilita la acción del intemperismo y alteración de las rocas.

Riesgo Geodinámico .- La quebrada Verrugas confluye en el Río Rímac en un sector estrecho de este; además el tramo final de esta quebrada intercepta al Rímac en forma casi perpendicular. Estas características determinan que los huaycos que descienden periódicamente, lo hagan con gran velocidad y violencia. Los materiales

que arrastra son heterométricos con presencia de bolonería que al ocupar el lecho del Río Rímac lo obstruye momentáneamente. Estos huaycos, por su gran velocidad y volúmen se desbordan hacia la márgen derecha del Rímac, llegando a inundar y erosionar un tramo de la carretera central y del puente vial de Verrugas ubicado aproximadamente a 100 mts. aguas abajo del punto de confluencia de dicha quebrada.

Luego de intensas lluvias ocurrido el año pasado en la cuenca del Rímac, esta quebrada no obstante tener una área de cuenca pequeña (948 Ha.) arrastró buen volúmen de material, granular y bloques de piedra que al desembocar en el Río Rímac, desvió el eje hidraúlico hacia la carretera central donde por impacto y acción de la fuerza erosiva arrancó la plataforma abriendo un cauce por la carretera hasta el puente de Cruce (Km. 60); igualmente una parte del río fue reflejado hacia el lado izquierdo llegando al estribo del puente que fue seriamente afectado. Se estima que la máxima avenida probable bajada en aquel entonces fue de 20 $M^3$/seg., suficiente para desviar en 10 grados el eje del Río Rímac, hacia la derecha por donde corre paralelamente la carretera.

Por otro lado, la gran cantidad de bolones que arrastra la quebrada Verrugas son depositados en el lecho del río, reduciéndose notoriamente la eficiencia hidráulica de la sección e incrementándose sus características de torrencialidad. Una prueba de ello, se observa en la parte inferior de la viga del puente, que por los impactos recibidos de piedras, el recubrimiento de los refuerzos están descascarados quedando las armaduras expuestas. Igualmente, por carecer el puente de muros de encauzamiento el estribo izquierdo, como se dijo, fué afectado.

Recomendaciones .- Para hacer frente a la acción de lluvias excepcionales como medida preventiva proponemos :

- Desplazar el eje de la carretera 3 metros hacia el cerro, construyendo la plataforma a medio túnel, previa limpieza del río y proyectar un sistema de defensa que pueden ser parapetos o muros de encausamiento. (Gráfico N°45).

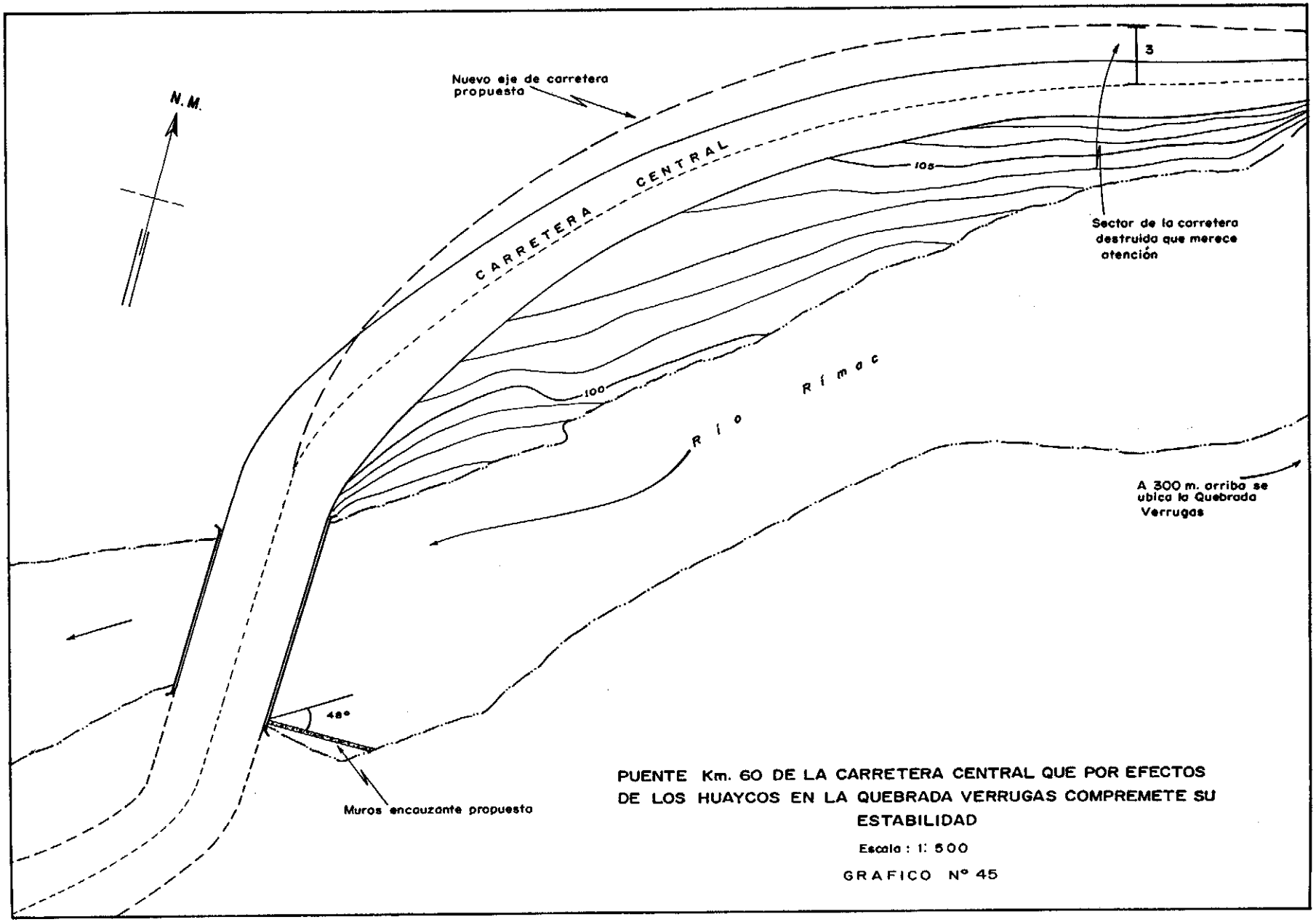
- Desviar las aguas de las avenidas de la quebrada Verrugas mediante obras de enrocamiento a fin de que la entrega al río Rímac tenga una incidencia angular menor de 80 grados.

- Se construya un muro de ingreso al puente que sirva de protección al estribo izquierdo cuya inclinación sería igual a 48°de acuerdo al siguiente cálculo :

$$B = \text{arcTg} \quad \frac{2.85 \quad a}{V}$$

d = tirante de agua (mts.)

v = velocidad m/sg.




PUENTE Km. 60 DE LA CARRETERA CENTRAL QUE POR EFECTOS DE LOS HUAYCOS EN LA QUEBRADA VERRUGAS COMPREMETE SU ESTABILIDAD

Escala : 1: 500

GRAFICO Nº 45

La velocidad calculada aguas arriba del puente para pendiente del 10% es de 4.6 m./sg.

Luego :

$$B = \text{arc Tg} \frac{2.85 \quad 3}{4.6}$$

$$B = 48°$$

### 9.1.7 QUEBRADA LINDAY

Características .- Es afluente del Río Rímac por su margen derecha confluyendo a la altura del Km. 62.5 de la carretera central. Su cauce principal es casi recto y de fuerte pendiente. Sus flancos igualmente son empinados y con amplio desarrollo de torrenteras y cárcavas que se han formado por incisión en depósitos de talud y en roca. El basamento rocoso de esta sub cuenca corresponde a intrusivos tonalíticos y granodioríticos con fuerte diaclasamiento y alteración profunda, que son los factores primarios para la acumulación de materiales incoherentes que con el aporte de las aguas de lluvia descienden destructoramente en forma de huaycos.

Riesgo Geodinámico .- Los huaycos que se producen en esta quebrada se pueden catalogar como periódicos, ya que ocurren en cada temporada de lluvias. Las evidencias de campo, demuestran que estos flujos alcanzan gran volúmen. En su tramo final está canalizado naturalmente sin mayor peligro de desborde. Muy próximo a su desembocadura al Río Rímac, sobre esta quebrada se ubica un puente alcantarilla cuyo dimensionamiento es insuficiente, para dar paso libre a los flujos de piedras y lodo, como quedó demostrado en ocasión de los huaycos acaecidos en 1981. En aquella oportunidad se obstruyó dicho puente desbordándose los flujos hacia la carretera, causando serios problemas al tránsito vehicular. Cuando ocurren interrupciones en este puente no hay alternativa de abrir una vía de emergencia. Por esta razón este sector se considera crítico con relación a las condiciones de seguridad que tiene.

### 9.1.8 QUEBRADAS SECTOR SURCO (Qda. Chacamaza, Cuchimachay)

Características .- En este sector se agrupan varias quebradas entre las que se mencionan como principales los de Chacamaza, Cuchimachay, Malala y Huacre. Estas quebradas tienen características algo similares y además se sitúan dentro de un mismo circo de erosión bastante extenso que posiblemente se ha formado a raíz de una serie de deslizamientos. Existen aún vestigios de estos fenómenos y en su mayoría han sido erosionados -

por las numerosas quebradas y torrenteras que se presentan.

En el sector medio y superior, los taludes de las áreas interfluviales tienen fuerte pendiente, con gran acumulación de materiales sueltos que se han concentrado mayormente en la base de las laderas. En los niveles inferiores, de este circo, dichas acumulaciones son más ostensibles y han sido disectadas por erosión del río Rímac.

Del conjunto de quebradas merece especial atención la quebrada de Cuchimachay que cruza por un flanco la población de Surco.
Por lo menos, la mitad de su curso inferior se desarrolla en material cuaternario, cuyo origen posiblemente corresponda a un antiguo deslizamiento.

El tramo final, hasta cerca de su desembocadura al río Rímac discurre en forma casi recta con lo que se facilita una rápida evacuación de los huaycos. El cauce en este tramo es profundo sin riesgo de desborde, aunque si es notorio la erosión en sus riberas que afectan los campos de cultivo.

El tramo final de aproximadamente 200 metros ya no discurren en forma encañonada, razón por la cual se producen desbordes.

En el aspecto geológico, en el sector alto de este circo de erosión se presentan secuencias volcánico sedimentarios con notable fracturamiento y alteración profunda. En el sector medio afloran extensamente rocas intrusivas tonalíticas y granodioríticas con varios sistemas de diaclasamiento que facilita su intemperismo y alteración. En el sector inferior predominan las acumulaciones de materiales cuaternarios poco compactados.

Riesgo Geodinámico .- Las activaciones de los fenómenos geodinámicos en este sector son trascendentes para la vía férrea, carretera central y población de Surco. Un caso palpable es la quebrada Cuchimachay que en un tramo final no tiene un encausamiento definido, razón por la cual los huaycos que ocurren periódicamente se desbordan por ambas márgenes comprometiendo la seguridad en algunos sectores del poblado de Surco.

Además, el puente Alcantarilla sobre la carretera central sufre obstrucción como causa de su subdimencionamiento, hecho que repercute en el tránsito vehicular. Esta misma deficiencia se observa en un puente para el paso del ferrocarril.

El puente Alcantarilla sobre la quebrada Chacamaza (foto N°-43) muestra erosión por el impacto de los bloques que arrastran los huaycos, lo que demuestra que su dimensionamiento no corresponde a los caudales reales que se generan en esta quebrada en épocas de avenidas. Las evidencias anotadas demuestran una situación de riesgo de este sector que merece -

un estudio a mayor detalle, puesto que posiblemente se estén generando en los niveles superiores, fenómenos geodinámicos de mayores proporciones.

9.1.8.1 QUEBRADA CHACAMAZA

Cálculo de avenidas .- No obstante que el área tributario de la quebrada es pequeña, en epocas de lluvias arrastra cantidades apreciables de materiales de huayco que interrumpen la carretera Lima-Matucana (Km. 67 + 500) por el represamiento de su Alcantarilla y desborde hacia el pavimento de la carretera (foto 43). El caudal de escurrimiento de acuerdo a los datos de campo tomado en la sección de la alcantarilla del tren es :

| | | |
|---|---|---|
| Area de sección | = | 7 $M^2$ |
| Perímetro mojado | = | 7.5 m. |
| Pendiente S | = | 10% |
| Tomando el valor n | = | 0.08 (zanja de drenaje de sección casi irregular) |

Sustituyendo valores en la fórmula (1)

$$V = 3.77 \text{ m/sg.}$$

Por la ecuación de continuidad el caudal será

$$Q_1 = 26.39 \text{ } M^3/sg.$$

El caudal teórico de avenidas basados de datos pluviométricos extrapolados de la estación de Matucana.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | = | 0.42 cm. |
| c | = | 0.25 |
| A | = | 810 Ha. |
| S | = | 372.5 de Km. |

Sustituyendo en la fórmula de BURKLI - ZIEGLER se obtiene un caudal de $Q_2 = 15.41 \text{ } M^3/sg.$

Comparando los dos resultados, notamos que $Q_1$ es 70% más de $Q_2$, por lo que para la avenida de diseño tomaremos el valor de $Q_1 = 26.39 \text{ } M^3/sg.$

Verificación de la sección hidraúlica de Alcantarillas .- Calculando el tirante aguas arriba inmediato a la alcantarilla, de la carretera en una sección

típica rectangular que corresponde a la alcantarilla de - la línea del tren.

Area : $A = 4.3 \times h$

Perimetro Mojado

$P = 4.3 + 2h$

Pendiente promedio

$S = 10\%$

Coeficiente

$n = 0.06$

Para $Q_2 = 26.39\ M^3/sg.$

Manning.

$$26.39 = \frac{1}{0.06} \left(\frac{4.3\,h}{4.3 + 2h}\right)^{2/3} (0.10)^{1/2} (4.3h)$$

de donde :

$h = 1.65$ mt.

Para conocer el cambio de regimen, calcularemos el tirante crítico en la sección de la alcantarilla.

$$hc = \frac{Q^2}{g\,L^2}$$

reemplazando :

$$hc = \frac{(26.39)^2}{9.81 \times (3.5)^2} = 1.796$$

$hc = 1.80$ m.

Como h es menor a hc se produce un cambio de flujo - crítico o flujo supercrítico.

Calculando el tirante aguas abajo (zona de alcantarillas).

$$hc^3 = \frac{1}{2} \quad hh_1 \quad h+h_1$$

$$(1.80)^3 = \frac{1}{2} (1.65) \quad (h_1) \quad (1.65 + h_1)$$

Resolviendo :

$h_1 = 1.95$ mts.

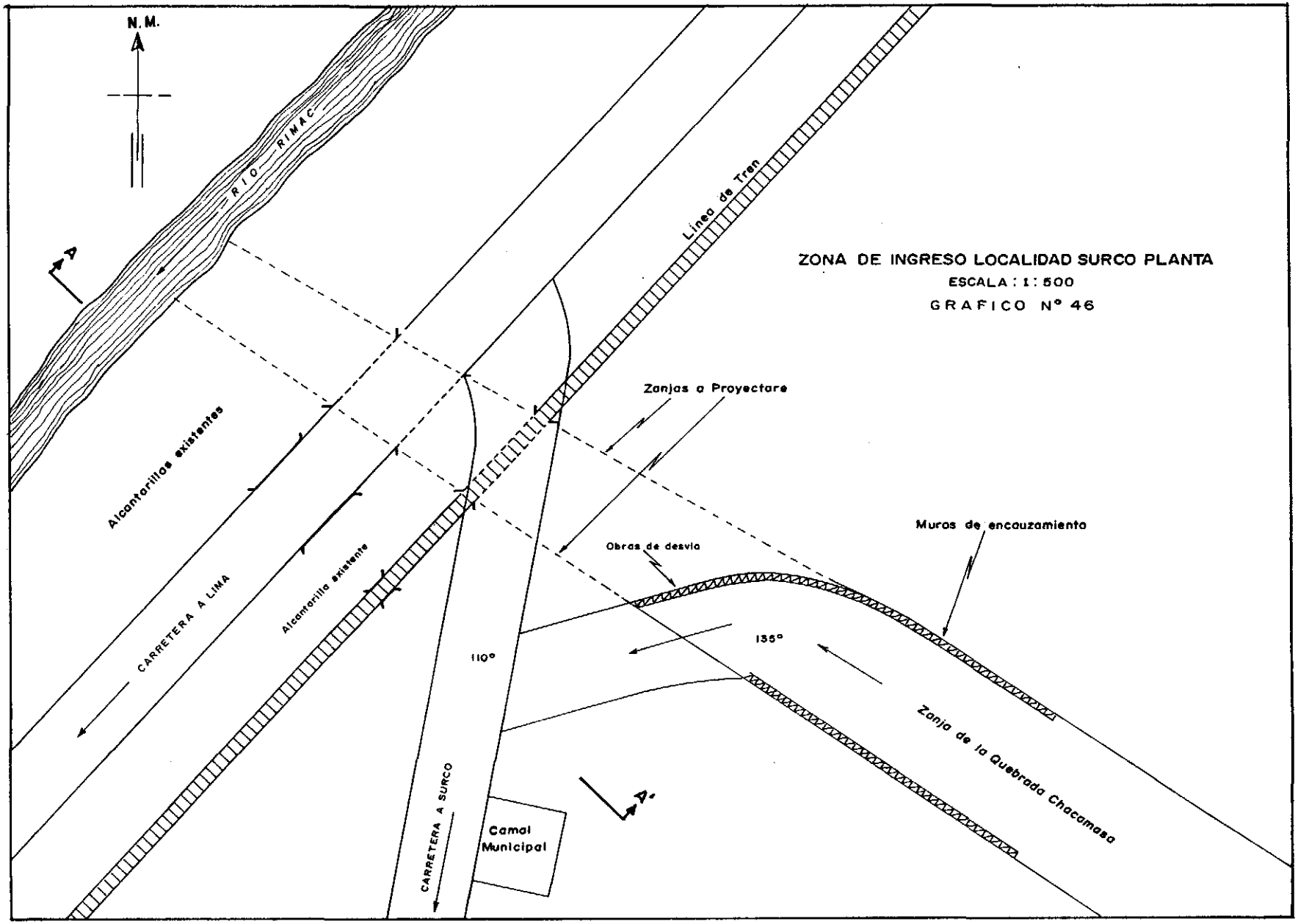
Con el tirante calculado y la altura existente (2.0 m) entre el lecho y techo de la alcantarilla, el canal,- hidraúlicamente no trabaja con eficiencia, puesto que deben tener un borde libre de por lo menos un metro.

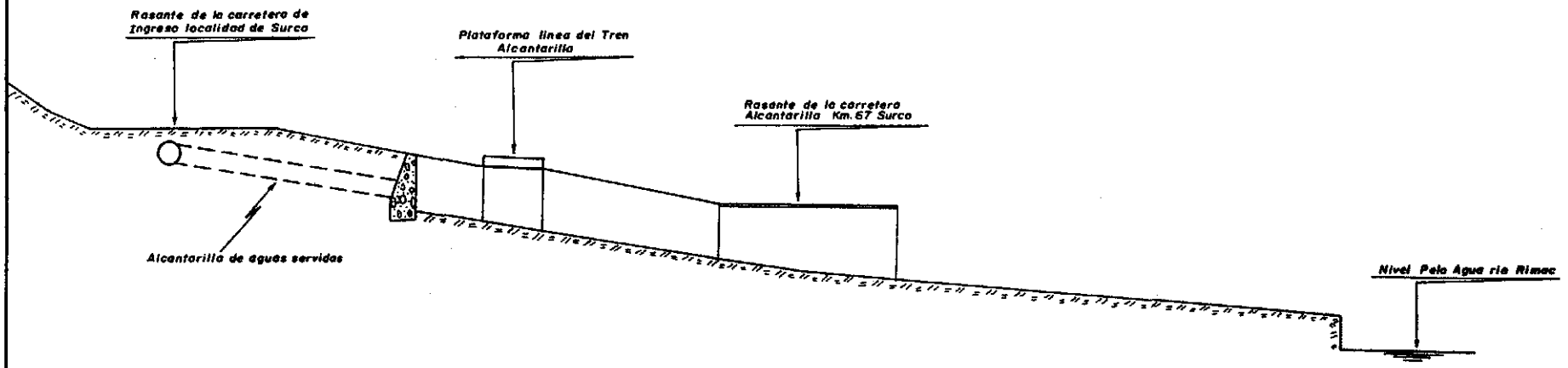
Luego $H = 1.95 + 1 = 2.95$
Digamos $H = 3$ m.

Recomendaciones .- Una medida de control de las avenidas de esta quebrada para épocas de lluvias excepcionales, que de acuerdo al análisis hidrológico cuantitativo, ocurre cada 12 años, y dada las condiciones - topográficas del terreno en el tramo 67 + 500 de la - carretera; se sugiere sobredimensionar la sección hidráulica de la alcantarilla, mediante una excavación- del lecho del canal en una profundidad de 0.90 m. corriendo un perfil a lo largo del eje, desde 20 metros aguas arriba de la línea del tren hasta el pelo de agua del Río Rímac. Para luego, proteger con el revestimiento de piedra canteada en toda la longitud sobre excavada. Gráficos N°46, 47 y 48.

### 9.1.8.2 QUEBRADA CUCHIMACHAY

El escurrimiento de agua, lodo y piedras que se pre - sentan en épocas de avenidas en esta quebrada, sigue- un alineamiento N 30°W , a pocos metros de llegar - a la línea del tren, en el sector de Surco Km. 60 + - 00 de la carretera Lima-Matucana, sufre una inflexión de 45° en la dirección N-W debido a la construcción- de muros, que desvían su curso hacia las alcantari - llas que sirven a la localidad de Surco.


N.M.
RIO RIMAC
A
Alcantarillas existentes
CARRETERA A LIMA
Alcantarilla existente
Linea de Tren
Zanjas a Proyectare
Obras de desvio
Muros de encauzamiento
110°
135°
Zanja de la Quebrada Chacamasa
CARRETERA A SURCO
Camal Municipal
A'
ZONA DE INGRESO LOCALIDAD SURCO PLANTA
ESCALA : 1 : 500
GRAFICO N° 46

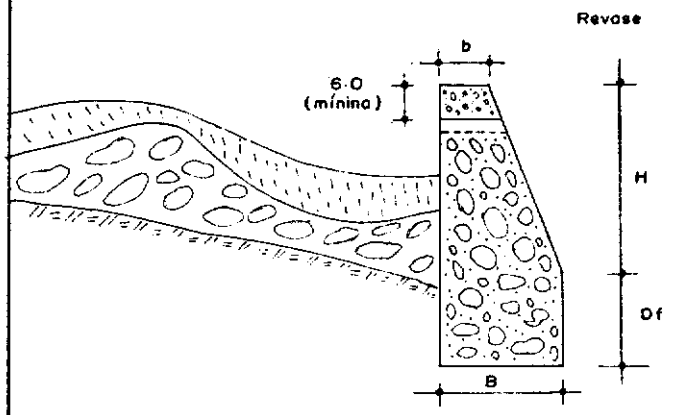



PERFIL ALCANTARILLA Km. 67 ZONA DEL CANAL : LOCALIDAD SURCO

CORTE A-A

ESCALA: 1 : 250

GRAFICO N° 47



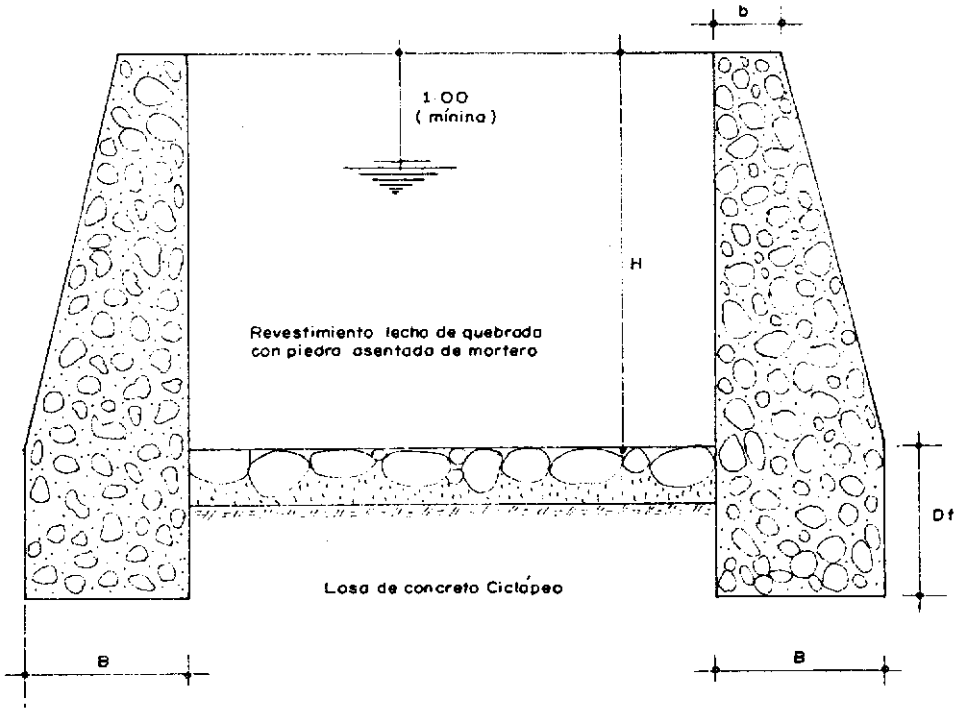

B = Ancho de cimentacion

H = Altura de muro

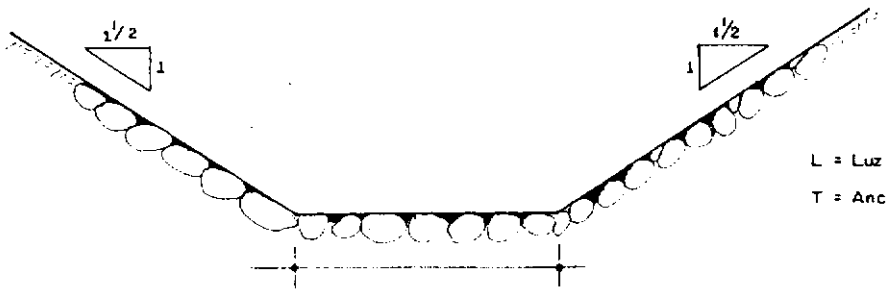
Df = Profundidad de cimentación

b = Ancho de plataforma

DIQUES DE VASOS DE ALMACENAMIENTO




SECCION TIPICA ALCANTARILLA




L = Luz de la alcantarilla

T = Ancho de la plantilla

REVESTIMIENTO DEL CANAL AGUAS ARRIBA Y ABAJO
DE LA ALCANTARILLA

GRAFICO N° 48

Como consecuencia del cambio brusco del flujo, hace que- gran parte de los materiales de acarreo, se sedimenten - obstruyendo las alcantarillas, que al desbordar inundan- la carretera y un tramo del ferrocarril central parali - zando por consiguiente el tránsito.

Esta quebrada pese a tener un área de cuenca pequeña, en épocas de avenida arrastra buena cantidad de materiales, debido a algunas características singulares que muestra- como por ejemplo el curso principal tiene una pendiente- muy pronunciada ya que en una longitud de 5 Km. se tiene un desnivel de más de 2,000 mts; así mismo la cobertura cuaternaria abundante conformada por limos, arenas y frac mentos de rocas muestran pastizales poco densos, espe - cialmente en la parte media y alta; contrariamente, en - las zonas bajas existe abundante vegetación como produc- to de actividades agrícolas.

Cálculo de Avenidas .- El cálculo basado en las caracte rísticas morfológicas y del caudal de avenidas se dese - cha en vista de no tener información al respecto. El vo lumen de escurrimiento se ha determinado por el método - de área y pendiente, para tal efecto se seccionó en dos- partes en una longitud de 100 m. cuyos resultados son :

| | | |
|---|---|---|
| Area de sección | = | 9.60 $m^2$ |
| Perímetro mojado | = | 13.60 mts. |
| Coeficiente de Manning | = | 0.08 |

La velocidad de escurrimiento aplicando la fórmula Man - ning (2)

$$V = \frac{1}{0.08} \left(\frac{9.60}{13.60}\right)^{2/3} (0.10)^{1/2}$$

$$V = 3.13 \text{ m/sg.}$$

Por continuidad

El caudal será igual a $Q = 30 \ M^3/sg.$

Diseño de Alcantarillas

Para :

$$Q = 30 \ M^3/sg.$$

$$n = 0.08$$
$$s = 0.08$$

$$B = 4 \text{ mts.}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Sección rectangular :

$$A = \text{Area} = 4y$$

Usando la misma fórmula de Manning.

$$Q = \frac{R^{2/3} S^{1/2} \cdot A}{n}$$

Sustituyendo valores :

$$30 = \left(\frac{4y}{4 + 2y}\right)^{2/3} \times \frac{(0.08)^{1/2} (4y)}{0.08}$$

$$2.12 = \left(\frac{4y}{4 + 2y}\right)^{2/3} y$$

Resolviendo por tanteos $y = 2.10$ mts.

Considerando una sobre luz de 1.00 m. para que la alcantarilla no funcione ahogado la sección será de 4 x 3.10 mts.

9.1.9 QUEBRADA LOS OLIVOS

Características .- Esta quebrada desemboca al Río Rímac por su márgen izquierda, aproximadamente a la altura del Km. 76 de la carretera central.

Aguas arriba del punto de confluencia se ubica el poblado de Matucana, ocupando parte de su cono deyectivo. Tiene numerosas quebradas tributarias, concentradas mayormente en el flanco izquierdo de la subcuenca, que en sus niveles altos muestra sectores con abundante acumulación de escombros de talud. Así mismo es notorio la meteorización de las rocas por acción de -

las nieves que temporalmente se acumulan en las partes más altas.

En el sector medio se puede observar depósitos coluviales y acumulaciones de suelos residuales, donde se desarrollan cierta actividad agrícola mediante canales, que localmente contribuyen a crear situaciones de inestabilidad. En el sector inferior, del cono deyectivo es amplio y es por donde discurre el tramo final de la quebrada con una profundidad de cauce donde difícilmente puedan ocurrir desbordes; sin embargo, los fenómenos de erosión en riberas son evidentes y en el futuro podrían ser causa de desbordes. El punto donde se inicia el cono deyectivo muestra un encañonamiento labrado en depósitos coluviales que se pueden relacionar con un antiguo deslizamiento que tuvo origen en su flanco izquierdo y que obstruyo dicha quebrada. Este fenómeno podría repetirse, ya que existen evidencias de reactivación, en cuyo caso las condiciones de seguridad de Matucana se vería comprometida.

En el aspecto geológico predominan en esta subcuenca secuencias volcánico-sedimentarias muy fracturadas y alteración profunda.- En niveles superiores afloran secuencias volcánicas, igualmente alterados y con amplio desarrollo de escombros de talud y torrenteras.

Riesgo Geodinámico .- La ocurrencia periódica de huaycos en esta quebrada crea anualmente interrupciones de la carretera central en el lugar donde se ubica el Puente Alcantarilla que por su subdimensionamiento se obstruye para luego desbordarse hacia la carretera. A pocos metros aguas arriba, se ubica un puente-ferrocarril cuyo dimensionamiento es eficiente, o por lo menos, con los últimos huaycos no ha tenido problemas.

La posibilidad de reactivación de un deslizamiento ya descrito-constituye riesgo para la seguridad de un sector del poblado de Matucana. Igualmente esta subcuenca tiene núcleos poblacionales de tipo rural y muchos de ellos están afectados por fenómenos de inestabilidad.

En determinada circunstancia estos pueden reactivarse con implicancias en la seguridad de dichos núcleos.

Cálculo de Avenidas .- Esta quebrada lleva agua en forma continua durante el año, prueba es que, sobre ella se encuentran la toma de agua potable de la localidad de Matucana y de otros canales de regadío, pero en temporadas de lluvia (Enero a Marzo)-se ve incrementado enormemente, produciéndose arrastre de bolonerías, piedras, barros, etc., que comprometen viviendas, la carretera central, línea de tren y las obras de arte que se ubican en el cono de entrega al río Rímac.

El volúmen por unidad, calculado en base a las huellas tomadas-en la zanja natural :

Area de sección A = 5.50 $M^2$
Perímetro mojado P = 6.70 m.
Pendiente S = 25%
Tomando el valor de n = 0.09 (zanjas de drenaje - con sección muy irregular).

La velocidad por la fórmula de Manning será :

$$V = \frac{R^{2/3} \; S^{1/2}}{n} \qquad \text{.....(1)}$$

Sustituyendo valores : V = 4.87 m/seg.

Luego el caudal será : $Q_1$ = V.A

$Q_1$ = 26.79 $M^3$/seg.

Con la fórmula (3)
Pero antes :

ih = 5.725 x 0.30 = 1.6 mm.

Para t = 10 min.
i = 4.2 mm.

Y con la fórmula (2) para lo cual tenemos como datos de la quebrada.

i = 0.42 cm.
C = 0.25 : terreno de cultivo
A = 3,388 Ha.

$$S = \frac{1,820}{17} = 107 \text{ m/Km.}$$

Que al reemplazar queda un caudal

$$Q_2 = 33\ m^3/sg.$$

Verificación de la sección hidraúlica de las Alcantarillas .-

La verificación de la suficiencia hidráulica de las alcantarillas en base al gasto teórico calculado.

Así, se determina que el tirante aguas arriba de una sección no definida es igual a :

$$h = 1.40\ m.$$

Mientras que el tirante para la sección rectangular en el pontón de la línea de tren será :

$$hc = \frac{Q^2}{gL^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

donde :

hc = tirante crítico
Q = gasto = (33 $m^3/sg$)
L = ancho de la sección (5.50 m.)
g = aceleración de la gravedad (9.81 $m/seg.^2$)

reemplazando en (4) y operando se obtiene :

$$hc = 1.54\ m.$$

Como h es menor $h_c$ ; se produce un cambio de régimen con generación de turbulencia y resalto; calculando el tirante aguas abajo con las consideraciones de h y hc, después de un análisis - queda :

$$h^3 = \frac{1}{2}\ h\ h_1\ (h + h_1) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

donde :

hc = tirante crítico
h = tirante aguas arriba
$h_1$ = tirante aguas abajo

que reemplazando en (5)
se obtiene después de realizar operaciones.

$$h_1 = 1.70\ mt.$$

Este tirante para determinar la altura del lecho con la parte más baja del Pontón se sumará la holgura, considerando como mínimo 1.0 m. luego $H_{min} = 1.70 + 1.0 = 2.70$ m.

De estos cálculos se concluye que las dimensiones de las alcantarillas son insuficientes para una lluvia excepcional, esto fue corroborado con las lluvias de Febrero y Marzo de 1981, donde el material acarreado represó la quebrada de la zona del Pontón, cuyo desborde desapareció el barrio Monterrico de la localidad de Matucana.

Recomendaciones

Control de Avenida .- Como una medida inmediata se plantea ensanchar el claro del Pontón de 5.50 a 6.50 m. y profundizar el lecho tal como se muestra en el gráfico N°49.

Las nuevas dimensiones de la sección rectangular serían 6.50 x 2.70 m. suficientes para funcionar como canal sin cambio de régimen.

En el aspecto agrícola se deben mejorar los sistemas de manejo de los terrenos de cultivo mediante la construcción de andenes en las laderas escarpadas; y en las quebradas sería conveniente implantar vasos de almacenamiento a fin de disminuir el escurrimiento y retener el material que acarrean.

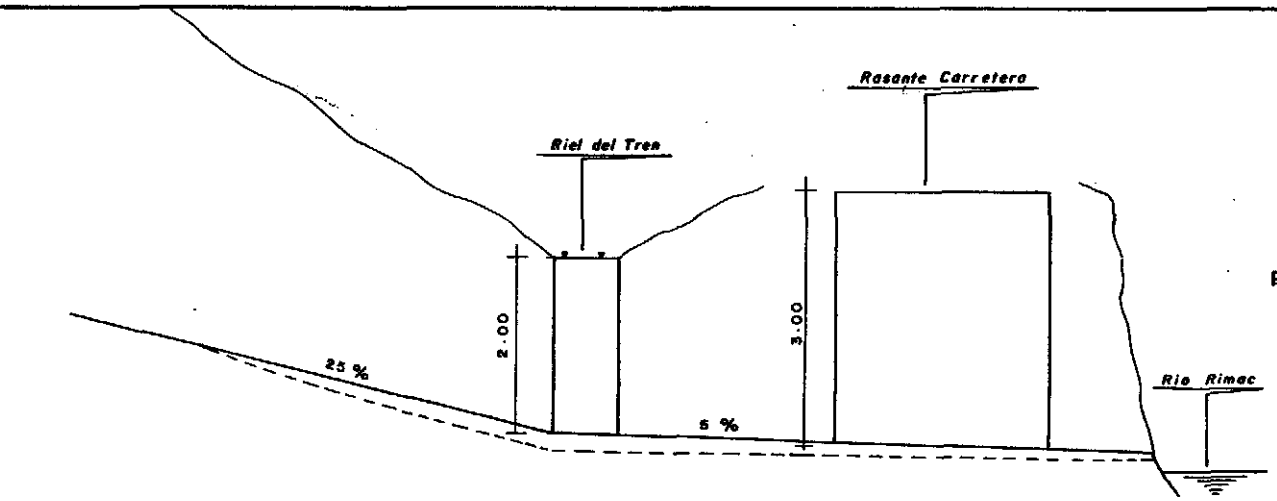
Así mismo se deben proteger las alcantarillas contra las erosiones, resistiendo el lecho de las quebradas con piedras canteadas asentadas con mortero de cemento-arena.

## 9.1.10 QUEBRADA PANCHA

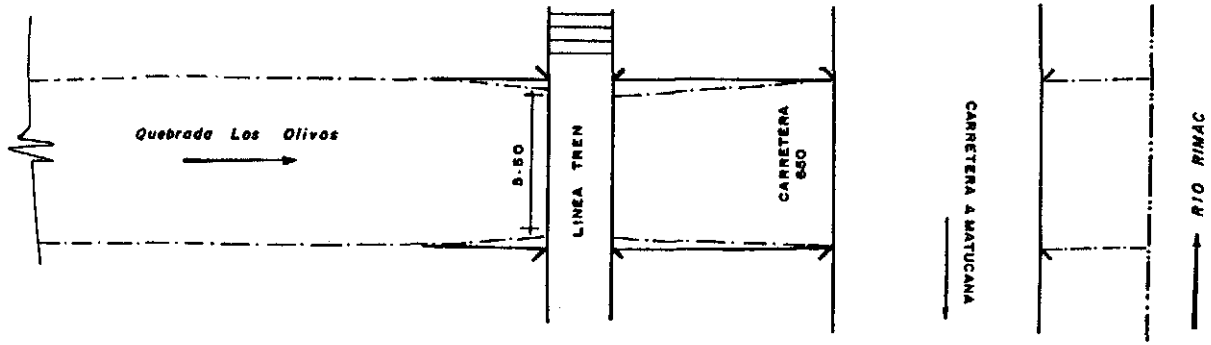
Características .- Esta quebrada es afluente del río Rímac, desembocando por su margen derecha a la altura del Km. 81.5. Su sistema de drenaje está fijado por controles litológicos y estructurales, siendo la quebrada Canta su afluente principal. En el aspecto geológico hay predominancia de calizas; además se exponen conglomerados volcánicos, derrames andesíticos y tobas. Es importante destacar la presencia de calizas en los flancos de la quebrada ya que estas muestran gran fracturamiento y alteración profunda que han generado depósitos coluviales inestables. En las partes altas de la subcuenca se observan remanentes de acumulaciones fluvioglaciares.

Riesgo Geodinámico .- La estabilidad de las laderas de la quebrada va disminuyendo progresivamente desde el curso superior al inferior.

En el curso superior las laderas se presentan estables, en el curso medio se observan pequeños derrumbes y erosión de riberas




PERFIL LONGITUDINAL
V. 1:75
H. 1:250




PLANTA
Escala : 1: 250

ZONA DE PLATAFORMA DE PERFIL Y CARRETERA
QUEBRADA LOS OLIVOS
GRAFICO N° 49

que no ocasionan mayores problemas, es en el curso inferior donde los problemas de geodinámica externa se acrecientan, observándose zonas con procesos de deslizamientos, derrumbes y erosión de riberas. Las laderas de la quebrada en el curso inferior se presentan inestables.

Generalmente las quebradas afluentes al Pancha son portadoras de huaycos que alimentan el material del lecho.

En época de avenidas la quebrada arrastra huaycos que en algunos casos represan momentáneamente el río, ocasionando problemas a la carretera que transcurre por la margen izquierda del río Rímac, cada vez que ocurre un huayco, la corriente de agua sufre una desviación hacia esta margen ocasionando problemas de erosión.

## 9.2 INUNDACIONES

### Sector Tornamesa

Características .- Este sector afectado por los desbordes e inundaciones del Río Rímac se encuentra localizado aproximadamente en el Km. 56 de la carretera central.

Morfológicamente corresponde a un valle en "V" en donde el río ha labrado su lecho a través de rocas volcánicas ligeramente inclinada hacia la márgen izquierda, con amplitudes máxima de 300 m. y mínima de 150 m., en donde se ha asentado la población de Tornamesa. Foto N°14. La carretera central anteriormente transcurría al pie de los materiales depositado por la quebrada La Esperanza (Foto N° ) habiendo sido destruida por los huaycos provenientes de la quebrada y por los desbordes y cambios de dirección del flujo de agua del río, igualmente algunas viviendas han quedado inhabitables.

Las quebradas afluentes al río Rímac ubicadas en la margen izquierda como por Ejem. la Qda. Esperanza, Cariñito y Verrugas son los que en las lluvias de 1981 ocasionaron los mayores problemas (huaycos) en cambio los de la margen derecha presentan mejores características de estabilidad.

En la actualidad la carretera transcurre al pie de los afloramientos rocosos (volcánicos), cruzando la quebrada La Esperanza encima de los depósitos proluviales careciendo de un Pontón que permita el flujo de los materiales provenientes de esta quebrada y en consecuencia ante la ocurrencia de los huaycos queden nuevamente intransitables.

Riesgo Geodinámico .- De acuerdo a las características mencionadas, durante la época de lluvias excepcionales ocurrirán en este sector, huaycos provenientes de las quebradas de la márgen izquierda principalmente también de la margen derecha y acumulaciones de materiales, troncos, etc. en el cauce actual del río que desviarían el curso del agua hacia las zonas más débiles produciendo los desbordes e inundaciones, tal como el ocurrido en el año 1981 que afectó a las viviendas establecidas -

en el sector e interrumpió el tránsito por un tiempo prolongado.

Como antecedente, se tiene conocimiento que en tramo Cupiche Matucana- se ha efectuado en el año 1981 el estudio geológico y geotécnico definitivo (M.T.C.), donde se plantean las soluciones para este tramo.

Sector de Chosica .- La población de Chosica se ubica en una zona plana, sobre depósitos aluviales del río Rímac y en parte sobre terrenos- con suave inclinación producto de la acumulación de materiales coluvia les y proluviales provenientes de las laderas y quebradas de régimen eventual ubicadas en ambos flancos del valle.

El ancho promedio del valle es aproximadamente 1.3 Km. donde se pueden apreciar nítidamente hasta 3 niveles de terrazas.

Los problemas de inundaciones se producen en la terraza más baja, que- bien podría denominarse área de inundación. Ello ocurre porque, con - el afán de ganar tierras urbanizables, se ha canalizado el río Rímac - en forma irregular y de acuerdo a intereses particulares. Foto N°44.Es decir, sin el criterio técnico que debería considerar dimensionamientos acordes con los caudales de máximas avenidas, y diseños que contemplen soluciones integrales de todo el sector. Por estas razones se obser - van, en algunos tramos, estrangulamientos del cauce que en épocas de a venidas son los puntos por donde se desbordan las aguas del río, afec- tando las viviendas, generalmente precarias, situadas en sus riberas.- Los problemas de inundaciones debido a las causas descritas no ocurren en forma generalizada un sector de Chosica, sino que se presentan en - algunos tramos. En este capítulo no se analizan estas cosas puntual - mente, por que se considera que las soluciones no deben darse para ca- da caso, por lo que, se plantea la necesidad de efectuar una canaliza- ción desde el Puente Ricardo Palma hasta el puente de los Angeles, con lo que se daría solución a las inundaciones como a los fenómenos de e- rosión de riberas. Una primera medida sería erradicar las viviendas - situadas muy próximas a las orillas del río.

Sector Carapongo - Santa María .- Corresponde a un tramo donde el río divaga en un amplio cauce, hecho que se hace mas notorio en épocas de- crecidas. En ambas márgenes se presentan terrazas bajas que mayormen- te son aprovechadas como terrenos de cultivo y que en cada temporada - de lluvias son destruidos por las inundaciones debido a que no cuentan con defensas adecuadas. Además conviene anotar que dichas inundacio - nes no solo afectan a las tierras de cultivo en forma temporal, sino - que en muchos casos los destruye totalmente por efecto de labado del - horizonte de suelo vegetal provocando problemas socio económicos ya que los propietarios de dichas parcelas son de modesta condición económica, cuyo sustento está basado únicamente en la producción de sus pequeñas- parcelas; por estas razones, los organismos públicos competentes deben dar solución mediante a un encausamiento del tramo referido.

## 9.3 EROSION DE RIBERAS

### Sector Puente el Infiernillo

Características .- Este sector se encuentra localizado aproximadamente entre los Kms. 98 + 600 al 98 + 800 de la carretera central.

Geomorfológicamente corresponde a un valle juvenil en "V" encañonado, cuyos cerros presentan laderas de fuertes pendientes, conformado por rocas calizas de color gris, fracturadas y presentan mediana resistencia al golpe.

La carretera transcurre por la margen derecha, observándose agrietamientos en el estribo del Puente El Infiernillo (Foto N° ), así como también en los muros de defensa de la carretera.

Riesgo Geodinámico .- El río Rímac está erosionando y socavando el estribo del puente El Infiernillo, cuya estructura presenta agrietamientos así mismo la margen derecha por donde transcurre la carretera soporta un proceso de fuerte erosión en un tramo de aproximadamente 50 m. que está comprometiendo la estabilidad e integridad del terraplén de la carretera.

Su destrucción paralizaría el tránsito vehicular, cuya emergencia no tendría alternativa de solución inmediata por tratarse de un sector encañonado, siendo necesario se tomen las medidas de seguridad inmediatas para evitar un colapso futuro.

### Sector Oscoya

Características .- Se encuentra localizado aproximadamente en el Km.55 de la carretera central, aproximadamente 2 Km. aguas abajo de la localidad de Tornamesa.

Morfológicamente corresponde a un valle en "V" circundado por cerros de poca elevación con laderas de pendientes medias. Particularmente este sector ha sido modificado por el cono de deyección de Río Seco, que ha desviado las aguas del Río Rímac hacia la margen derecha en donde afloran rocas volcánicas y limitadas en su margen izquierda por el depósito reciente conformando una terraza de unos 5 m. de altura.

La carretera transcurre por la márgen izquierda sobre el depósito reciente, en el tramo afectado el río forma un meandro erosionando y socavando la base del muro de defensa y del terraplén (Foto N°10 y 11) en una longitud aproximada de 300 m., que en las lluvias de 1981 ocasionaron la pérdida del terraplén, interrumpiendo el tránsito por un tiempo prolongado.

Riesgo Geodinámico .- Los huaycos que ocurren en las quebradas aguas arriba de este sector (Río Seco, La Esperanza, etc.), que ocasionan represamientos momentáneos, el incremento del caudal de agua y la carga hídrica, la mayor velocidad de la escorrentía, el rebote de las aguas de la margen derecha hacia la margen izquierda por donde transcurre la carretera (meandro), se transforman en fuertes erosiones y socavamientos que en épocas de lluvias extraordinarias pueden volver a ocasionar nuevamente la pérdida del terraplén e interrumpir el tránsito.

Tal como en Tornamesa, este sector está comprendido dentro del estudio geológico y geotécnico definitivo (M.T.C.), en donde se plantean las - soluciones en forma integral para el tramo Cupíche Matucana.

# CONCLUSIONES

1.- La cuenca del Río Rímac es una de las cuencas hidrográficas más importantes del País, por el rol vital que desempeña como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola y enérgetico para la capital de la República.

2.- En la cuenca del Río Rímac se han definido siete grandes unidades geomorfológicas en base a similitud de formas.

3.- Con los parámetros geomorfológicos se trata de establecer las relaciones entre el comportamiento del régimen hidrológico de la cuenca y la evolución morfológica de la misma.

4.- La cuenca del Río Rímac cuenta con 32 estaciones meteorológicas de las cuales solo 4 están operando hasta la actualidad. De acuerdo a los datos, registrados la cuenca tiene una precipitación promedio anual de 506 mm. con un 66% de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 177 y 836 mm.

5.- La ecuación de tendencia de los caudales totales anuales en el Río Rímac es : $Y = 9.00150 - 0.22690x.10^8$ $m^3$ . El análisis de la gráfica de esta ecuación da una línea de tendencia que indica que se está en el inicio de un periodo húmedo a húmedo extremo. La tendencia hacia menores sumas anuales está condicionada a factores climáticos cíclicos y es probable que se eleve nuevamente en los próximos años.

6.- En la estación de aforos del Río Rímac, sector Chosica, es teóricamente probable que se registre una descarga máxima de 75 $m^3$/seg. cada año, 171 $m^3$/seg. cada 5 años y 210 $m^3$/seg. cada 20 años.

7.- La cuenca del Río Rímac, dentro del marco de la tectónica global, se ubica dentro de una zona de alta actividad sísmica (zona sísmica 2 - Mapa de Zonación Sísmica), con periodos de retorno para sismos de magnitud Mb = 6.3 de 32 años; para Mb = 6.5 de 55 años y para Mb = 6.8 de 103 años.

8.- De los registros de sismicidad histórica se boserva que entre 1586 y 1974, ocurrieron 11 sismos destructores que afectaron la cuenca del Río Rímac, siendo el terremoto del 28-10-1746, el más catastrófico con una magnitud de 8.4 (X-XI M.M) y aceleraciones que pueden haber superado los 400 $cm/seg^2$.

9.- La probabilidad de ocurrencia para sismos de magnitud Mb = 6.8 en la zona sísmica 2 es de 17% cada 20 años, 38% cada 50 años y 62% cada 100 años.

10.-La ocurrencia de fenómenos de Geodinámica Externa están vinculados fundamentalmente a factores climáticos, morfológicos, y litológicos. Dentro de estos fenómenos se han detectado deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, erosión de riberas, inundaciones y huaycos; siendo estos últimos los que tienen mayor incidencia en las condiciones de seguridad de las principales obras de infraestructura, especialmente la vial.

11.- Los fenómenos de geodinámica externa son manifestaciones de la evolución morfológica de la cuenca, por lo tanto el presente estudio - constituye un punto de partida de futuros estudios de investigación.

12.- El lecho del Río Rímac es el gran receptor de todo el material detrítico que arrastran las quebradas afluentes, por lo que su perfil de equilibrio tiende a variar anualmente.

13.- De acuerdo a los criterios de zonación se han diferenciado 3 zonas- de riesgo geodinámico :

Zona A de bajo riesgo geodinámico
Zona B de riesgo geodinámico medio
Zona C de alto riesgo geodinámico.

14.- Las áreas que ocupan las 5 centrales hidroeléctricas y la planta de tratamiento "La Atarjea"no muestran indicios de activación de fenómenos de geodinámica externa de gran magnitud que puedan comprometer su seguridad física, salvo algunos desprendimientos de rocas y de - rrumbes que están controlados o son controlables.

15.- De todas las grandes obras de ingeniería que se ubican a lo largo - del curso principal del Río Rímac, las que corresponden a las obras viales, son las más afectados por los fenómenos de geodinámica - externa.

16.- En la cuenca del Río Rímac existen más de 15 depósitos de relaves - que representan peligro de contaminación de las aguas y riesgo po - tencial de licuefacción ante la eventualidad de un sismo severo.

17.- Los depósitos de relaves en Yauliyacu están expuestos a fallamiento y licuefacción frente a una solicitación sísmica y dada su ubicación próxima al cauce del Río Rímac constituye serio peligro.

18.- En las cabeceras de la cuenca del Río Rímac existen 85 lagunas, de- las cuales 50 corresponden a la subcuenca del río Santa Eulalia y - 35 a la del Río Rímac. Las condiciones de seguridad de dichas lagunas están consignadas en el cuadro evaluativo N°13 y 14.

19.- Los huaycos que se producen en la Qda. Agua Salada obstruyen anualmente el pontón de la carretera central tendido sobre esta Qda. provocando desbordes e interrupción de la vía.

20.- En la Qda. Río Seco, tramo San Bartolomé - Río Rímac, se ubican sobre su cauce 5 obras de arte (gráfico N°41) que están en situación de alto riesgo por efecto de los huaycos que descienden en cada - temporada de lluvias.

21.- La actividad geodinámica en el sector Qda. La Esperanza-Cariñito, - fue la que ocasionó las interrupciones más significativas de la vía central durante la temporada de lluvias de 1981 y 82. Estos fenómenos podrán repetirse en 1983.

22.- Los huaycos que se producen en la Qda. Verrugas constituyen serio peligro para la carretera central (Km. 60.5) y el puente Verrugas sobre el Río Rímac.

23.- Los puentes y alcantarillas de la carretera central, ubicados sobre las quebradas Linday, Cuchimachay, Chacamaza y los Olivos muestran subdimensionamiento, sufriendo obstrucción cada vez que se producen huaycos, provocando interrupciones de la carretera central.

24.- Los fenómenos de erosión de riberas e inundaciones en el tramo del Río Rímac, comprendido entre el Puente Ricardo Palma y su desembocadura, se presentan aisladamente, pero crean situaciones críticas en la seguridad de los numerosos pueblos jóvenes y campos de cultivo ubicados en sus riberas.

25.- A lo largo del Río Rímac, hay evidencias de antiguos represamientos, como por ejemplo en el sector de La Cantuta y aguas abajo del puente Llican (Km. 78), lo que demuestra una intensa actividad geodinámica en el pasado.

26.- La carretera Lima-Ticlio, emplazada en su mayor parte, en las laderas inferiores de los cerros y próximas a las riberas del Río Rímac no cuentan con obras de protección en cantidad y calidad suficientes, razón por la cual la seguridad de su funcionamiento se ve comprometida en cada temporada de lluvias.

27.- La vía férrea en los sectores de Tornamesa, La Esperanza, Río Seco y Ocatara, sufre los mayores daños a causa de los fenómenos de geodinámica externa que ocurren en dichas zonas.

28.- En el sector de Marachanca (Matucana-márgen izquierda del Río Rímac) se han observado indicios de reactivación de un antiguo deslizamiento.

29.- Algunas lagunas represadas, como por ejemplo la de Piticocha, presentan filtraciones por las juntas verticales y horizontales.

Página en blanco

# RECOMENDACIONES

1.- Es recomendable se instalen nuevas estaciones meteorológicas en San Mateo de Otao, Pallca, Quilcamachay, Challa, San Pedro de Casta, Surco y Yanahuanchi, así como también se reinicien mediciones en las estaciones meteorológicas de Chosica, Ñaña, La Punta, Las Palmas, Hipólito Unanue, Aeropuerto Internacional, Mina Colque, Bellavista, Tamboraque y Acobamba; y en las estaciones hidrométricas de Canchis, Sheque, Chosica, Río Blanco, San Mateo, Tamboraque, Puente Huachipa, Desembocadura del Río Rímac y Surco.

2.- Para el diseño de nuevas obras de ingeniería en la cuenca del Río Rímac se recomienda efectuar estudios puntuales de sismicidad. Estimativamente se pueden considerar valores de aceleración máxima de 400 cm/seg, así mismo se deben materializar programas de microzonificación sísmica, sobre extensiones limitadas de la cuenca, principalmente a nivel de ciudades, zonas de expansión urbana y asentamientos industriales.

3.- Considerando que los fenómenos de geodinámica externa son los principales causantes de daños a las obras de infraestructura vial ubicados en la cuenca y a que dichos fenómenos están en constante evolución, se recomienda efectuar estudios sistemáticos actualizados con fines de prevención en todas las áreas que signifiquen riesgo. Estos estudios deberán contar con controles periódicos ya sea topográficos o instrumentales (instalación de inclinómetros, deflectómetros, etc.).

4.- Siendo el Plan Alfa Centauro un programa de prevención, a fin de darcumplimiento al punto anterior se recomienda que Defensa Civil considere dentro de su presupuesto anual una partida para tal fin. Igualmente debe contemplar efectuar estudios específicos en las áreas consideradas de alto riesgo geodinámico (Ver plano 4-4).

5.- Considerando que en la cuenca del Río Rímac, los fenómenos de Geodinámica Externa continuarán ocurriendo en el futuro, es recomendable iniciar estudios de rutas alternas que eviten la paralización del tráfico entre Lima y el Centro del País.
En las zonas de ocurrencia de huaycos se deben efectuar estudios puntuales con la finalidad de adoptar medidas de control destinadas a minimizar los efectos destructores de estos fenómenos.

6.- Prohibir la proliferación de la construcción de viviendas en ambas márgenes del Río Rímac amenazadas por los fenómenos de erosión de ribera e inundaciones, así mismo en las desembocaduras de las quebradas portadoras de huaycos (Ver plano 2-4); debiéndose reglamentar la ubicación y construcción de viviendas.

7.- En el tramo del Río Rímac comprendido entre el puente Ricardo Palma y su desembocadura, previo estudio integral, se recomienda desarrollar un programa de canalización y encausamiento, que puede ser llevado a cabo por etapas de acuerdo a un rol de prioridades.

8.- Efectuar la construcción de enrocados en los tramos de carretera y vía férrea expuestos a fenómenos de erosión de riberas e inundaciones (Ver Cuadro 11).

9.- Mejorar y sistematizar el mantenimiento de la carretera y ferrocarril-central mediante desquinches y peinados de taludes.

10.- Recalcular las secciones hidraúlicas de los puentes, pontones y alcantarillas que anualmente son obstruidos por los huaycos, y de acuerdo los resultados obtenidos adoptar soluciones mediante nuevos y reales dimensionamientos.

11.- Efectuar un inventario y evaluación puntual de todas las presas de relaves ubicadas en la cuenca del Río Rímac para determinar principalmente, su estabilidad y riesgo de licuefacción.

12.- Realizar análisis sismo-resistente de las presas que se ubican en la cuenca del Río Rímac.

13.- En las presas de mampostería de piedra que presentan filtraciones se debe realizar inyecciones de lechada de cemento (previo análisis para determinar la agresividad de las aguas) a fin de impermeabilizarlas.

14.- Es recomendable desactivar el funcionamiento de las relaveras de Yauli yacu a fin de no incrementar los riesgos de su estabilidad. Dicho abandono debe efectuarse en forma controlada.

# A U T O R E S

El presente estudio ha sido realizado por la Dirección de Geotecnia del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y estuvo a cargo - del siguiente plantel profesional :

- Ing. Manuel Gonzalez Guillén
- Ing. Sadí Dávila Barrena
- Ing. Ricardo Aniya Kohatsu
- Ing. Edwin Fernández Romero
- Ing. Antonio Guzmán Martínez
- Ing. Lionel Fídel Smoll
- Bach. Elí Hernández Tuesta
- Bach. Hernán Umeres Riveros

Además se contó con la colaboración del Bach. Sr. Edwin Huichi Tito.

Página en blanco

# BIBLIOGRAFIA


1.- Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chosica, Matucana, Ondores, Canta, INGEMMET (inédito).

2.- Geología y Fisiografía de los Andes Peruanos en los Deptos. de Junín y Lima. Dr. Mc. Laughli (1924).

3.- Geología del Proyecto de Túnel Graton. R. Valdez (1969).

4.- Geología de la región minera Colqui. Peterson V. y Dr. AZN. (1972).

5.- Estratigrafía de los Andes del Centro del Perú. J.J. Wilson (1960).

6.- Datos de Problemas ocurridos en la Carretera Central. Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

7.- Estudio Geológico del Túnel Río Blanco. Soto Jesús - M.T.C.

8.- Estudio de Suelos de Cimentación del Almacén Central de Distribución Lima - Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

9.- Geología Aplicada a la Ingeniería. Paniukov D. (1981)

10.- Estudio Geotécnico - Geodinámico y de Seguridad Física en los Centros Poblados en el Valle del Río Rímac. Taype Vidal (preliminar) - INGEMMET (1977).

11.- Seguridad Física de las Obras de Ingeniería Civil y Centros Poblados. Verastegui P. - INGEMMET (1978) (Preliminar).

12.- Derivación de aguas de la Cuenca Alta del Río Mantaro a Lima : Est. - de Factibilidad - Volumen 2, Apéndice A-C.

13.- Encausamiento del Río Mantaro : Latinproject. (1968)

14.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Cañete - INGEMMET - Preliminar 1981. Lionel Fídel S.

15.- Estudio de Sismicidad para el Proyecto de Derivación del Río Mantaro-a Lima. Berrocal J., Deza E., Shikiya J. (1975).

16.- Normas de Diseño Sismo Resistente y Comentarios a las Normas de Diseño Sismo-Resistente. Colegio de Ingenieros del Perú - (1978).

17.- Zonas de Transición Sismotectónica en Sud-América. Estudio Prelimi - nar de las zonas de transición en el Perú. Deza E. (1972)

18.- Regionalización Sismotectónica del Perú. Deza E. (1979).

19.- Seismicity of the earth - ed. Pricenton Univ. Press. N. J. Gutemberg-B. and C.F. Richter - 1954.

20.- Historia de los Grandes Tsunamis producidos en la Costa Occidental de América del Sur (1555-1922). Silgado F. E. (1975).

21.- Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú periodo - 1513-1974. Silgado F. E. (1978).

22.- Análisis y Regionalización Sismotectónica del Sur del Perú - Tesis-Br. 1978. UNSA. Umeres R .H. (1978).

23.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pativilca. INGEMMET. Preliminar 1981 - Guzmán A. y Umeres H.

24.- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pisco. INGEMMET. Octubre 1981. Sadí Dávila; Lionel Fídel S. y Hernán Umeres R.

25.- Estudio de los Parametros Geomorfológicos de una Cuenca. Artículo - recopilado adaptado por Benites Chunga César Augusto. - 1978.

26.- Principios para elaborar un Plan de Protección de Cuencas 1978. Dourojeanni Ricordi Axel - Oberti Izquierdo Luis.

27.- Rock Slope Engineering. . Hock, J. W. Bray.

28.- Investigación Geológica-Geotécnica de Presas de Relaves - Estudio - de una Presa Típica . E. Huichi T., 1981.

29.- Fenómeno de Licuefacción en Presas de Relave. Fernández E. INGEM - MET (Preliminar).

30.- Hidrología para Ingenieros. Linsley, R; Kohler, M; Pauchus L.N.

31.- Mecánica de Suelos. Lambe - Withman.

32.- Mecánica de Suelos. Terzaghi, K.

33.- Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Czechoslovak Academy- of Sciences.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
TELF. 35-2035 — APARTADO 456
LA MOLINA
LIMA - PERU

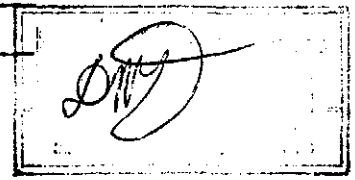
# INFORME LMS 01/82

SOLICITANTE : INGEMMET
PROYECTO : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC
UBICACION : MINAS MILLOTINGO-PACOCOCHA
FECHA : 6 de enero de 1982

| | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | HUMEDAD | PESO | SUCS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % QUE PASA MALLA N° | | | | | | | | NATURAL | ESPECIFICO | |
| MUESTRA | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 80 | 100 | 200 | % | G | |
| MC-1,M-1 | 100 | 99 | 97 | 91 | 75 | 39 | 30 | 16 | 8 | 2.68 | SM |
| MC-2,M-1 | | | | 100 | 99 | 87 | 78 | 58 | 22 | 2.64 | ML |
| MC-3,M-1 | | 100 | 98 | 84 | 63 | 30 | 23 | 12 | 9 | 2.66 | SM |
| MC-4,M-1 | | 100 | 98 | 81 | 62 | 30 | 23 | 12 | 8 | 2.70 | SM |
| PC-1,M-1 | | 100 | 98 | 82 | 67 | 38 | 31 | 18 | 5 | 2.91 | SM |
| PC-2,M-1 | | 100 | 99 | 87 | 75 | 47 | 40 | 22 | 9 | 2.90 | SM |
| PC-3,M-1 | | 100 | 98 | 85 | 71 | 43 | 35 | 19 | 8 | 2.89 | SM |

DENSIDAD

| MUESTRA | MINIMA (GR/CC) | MAXIMA (GR/CC) |
|---|---|---|
| MC-1,M-1 | 1.31 | 1.62 |
| MC-2,M-1 | 1.01 | 1.43 |
| MC-4,M-1 | 1.36 | 1.74 |
| PC-1,M-1 | 1.40 | 1.81 |
| PC-2,M-1 | 1.39 | 1.77 |
| PC-3,M-1 | 1.30 | 1.57 |
| MC-3,M-1 | 1.30 | 1.61 |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

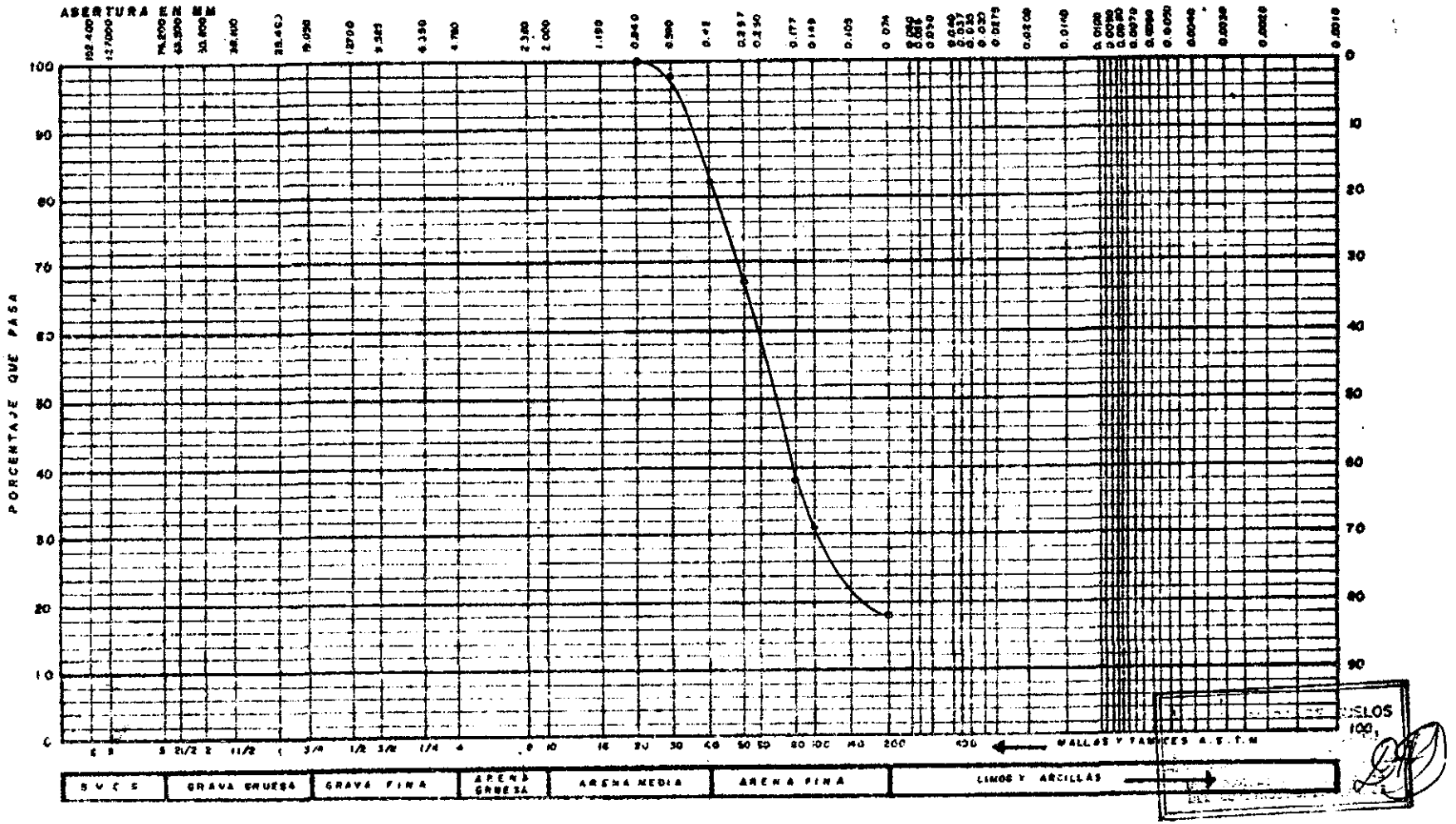
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra PC-1, M-1

Obra OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros

Ubicación PRESA DE RELAVES PACOCOCHA — Clasificación S.U.C.S. = SM

Ing. Responsable D.M.G.R. — fecha 6-1-82 — No Plástico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA Ingenieria Agricola

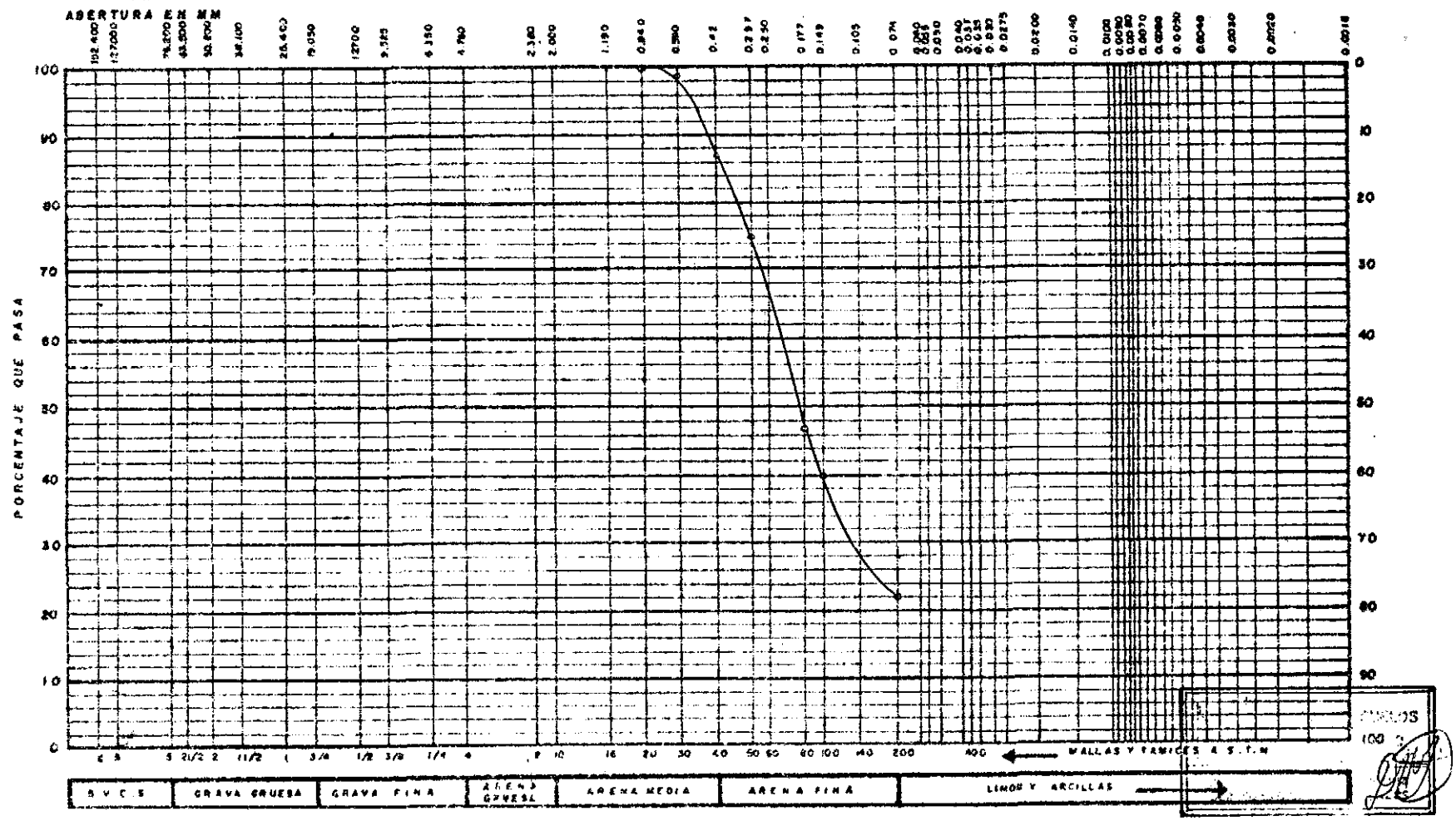
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra PC-2, M-1

Obra OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros ———

Ubicación PRESA DE RELAVES PACOCOCHA — Clasificación S.U.C.S. = SM

Ing. Responsable D.M.G.R. — fecha 6-1-82 — No plástico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

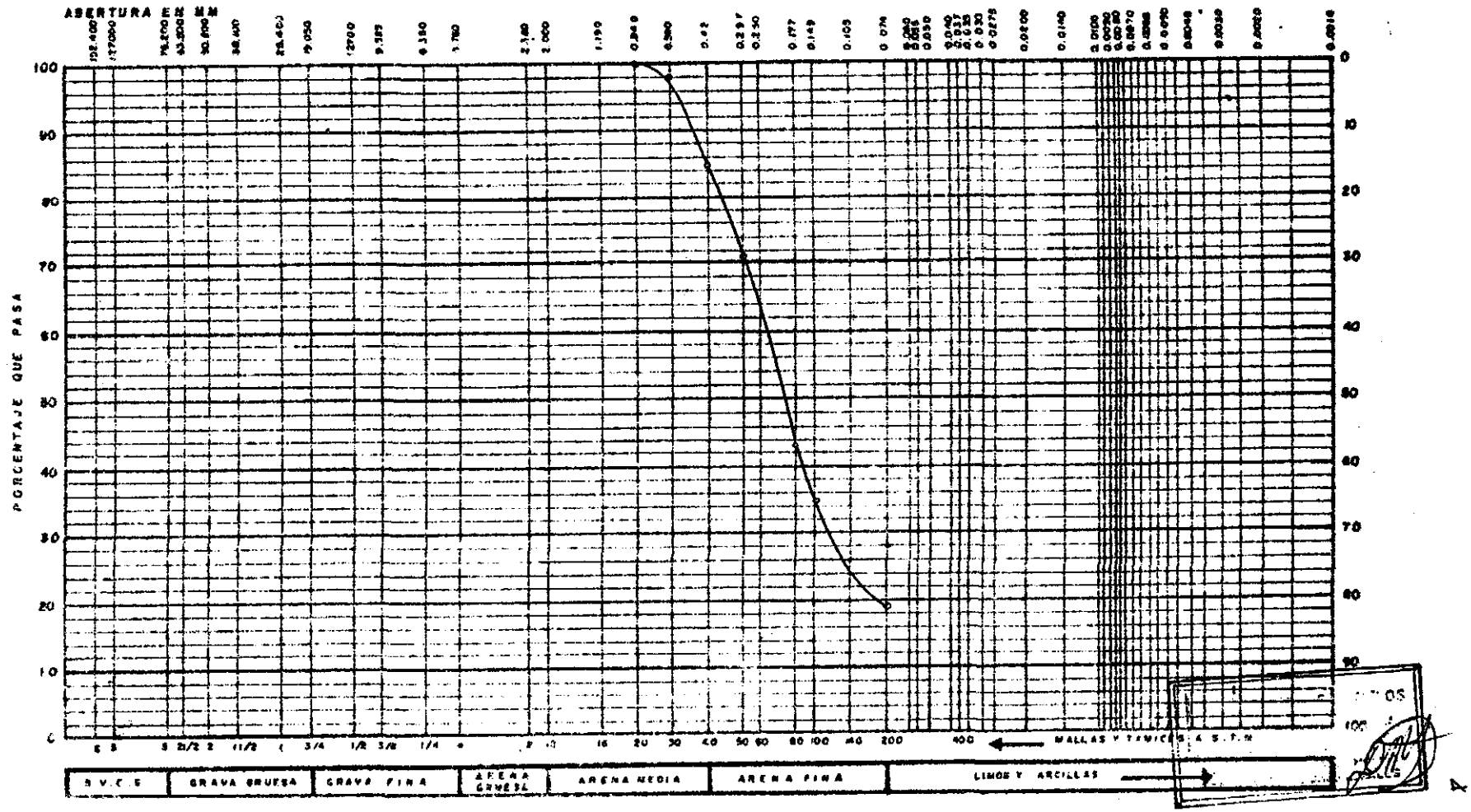
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra PC-3,M-1

Obra OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros ____

Ubicación PRESA DE RELAVES PACOCOCHA — Clasificación S.U.C.S. = SM

Ing. Responsable D.M.G.R. — fecha 6-1-82



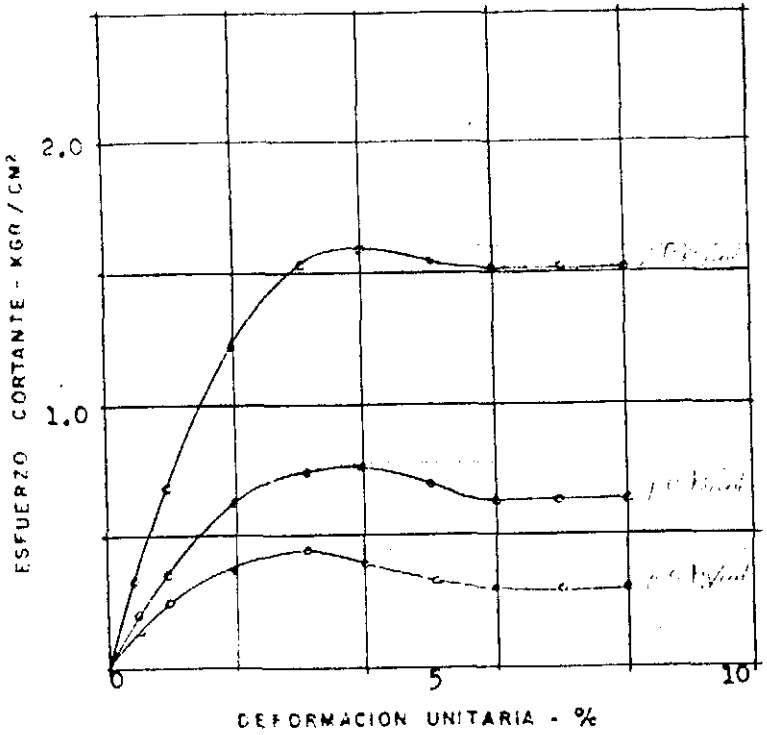
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

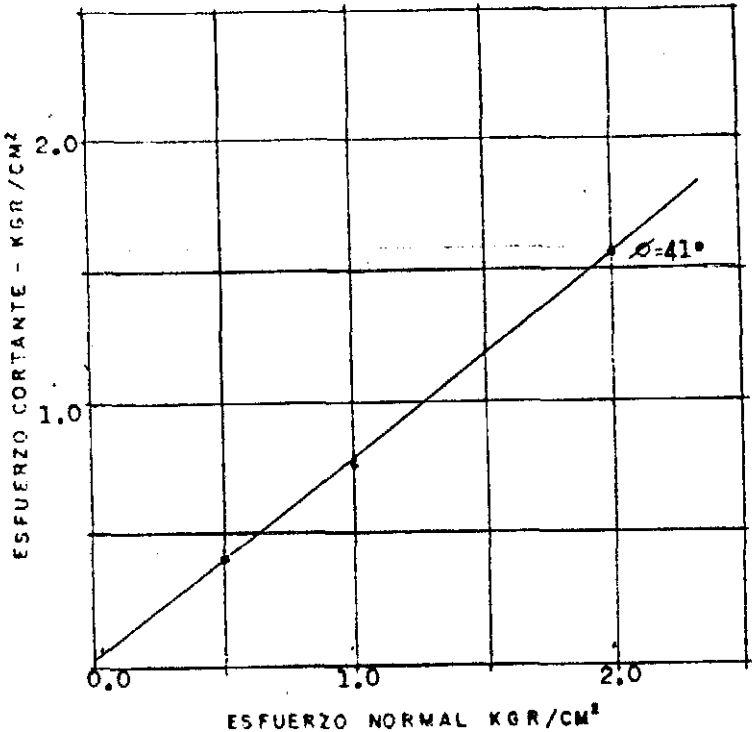
# INFORME L.M.S. 53/81

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO
## R E M O L D E A D O

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC
Ubicación : PRESA DE RELAVES PACOCOCHA

Muestra : PC-2-M-1
Profundidad : ———
Fecha : 17-11-81




| $\sigma_n$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $w_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.70 | 11 |
| 1.0 | 1.69 | 11 |
| 2.0 | 1.69 | 11 |

ING. DELIA MANTICORENA S.R.
JEFE ENCARGADA DEL L.M.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

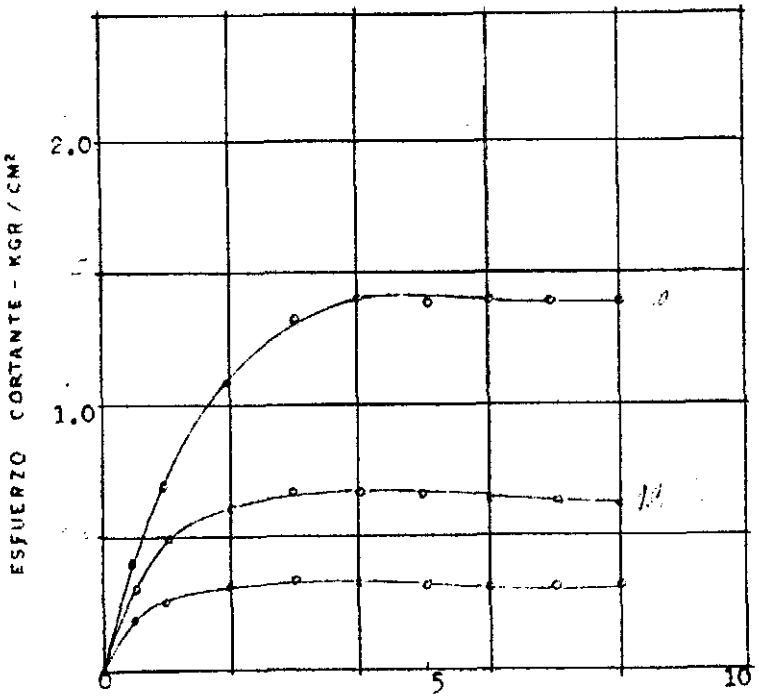
# INFORME L.M.S. 53/81

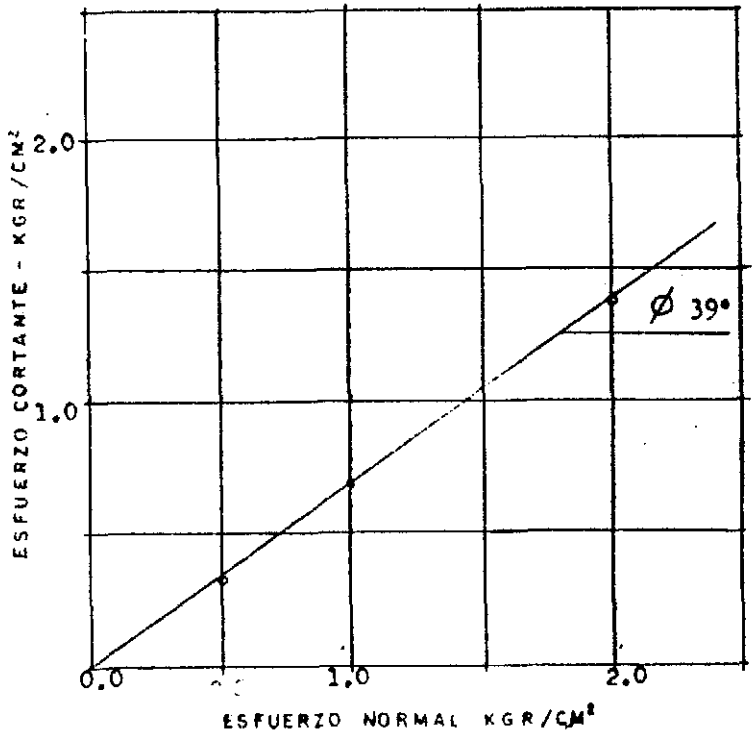
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

REMOLDEADO SATURADO

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC
Ubicación : PRESA DE RELAVES PACOCOCHA

Muestra : PC-2-M-1
Profundidad : }——(
Fecha : 6-11-81




| $\sigma_n$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $w_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.70 | 10 |
| 1.0 | 1.69 | 10 |
| 2.0 | 1.69 | 11 |

ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE DE LA UNIDAD DE L.M.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA Ingeniería Agrícola

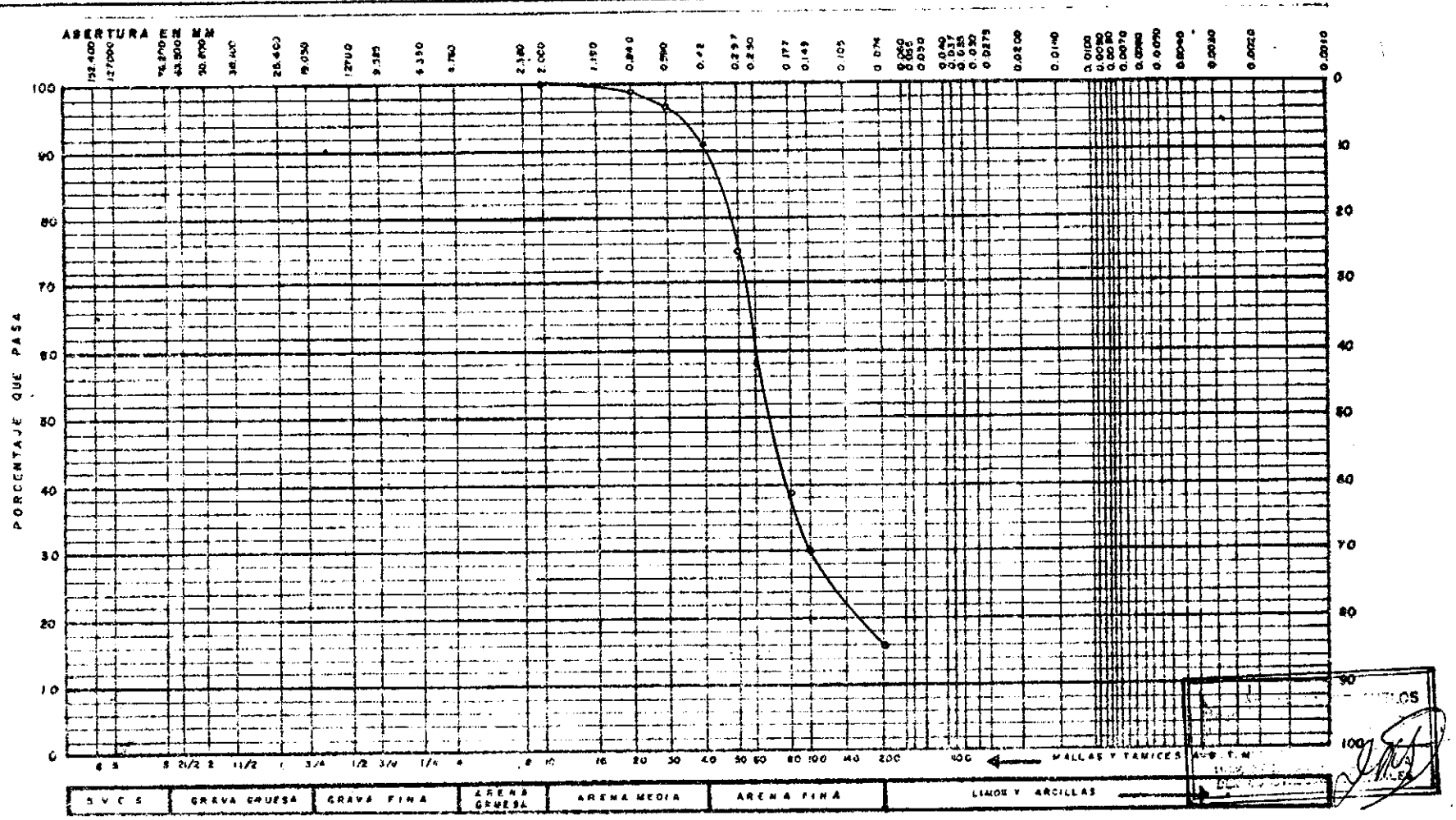
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por: INGEMMET — Muestra: MC-1.M1

Obra: OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros: ———

Ubicación: PRESA DE RELAVES MILLOTINGO — Clasificación: S.U.C.S. = SM

Ing. Responsable: D.M.G.R. — fecha: 6-1-82 — No Plástico

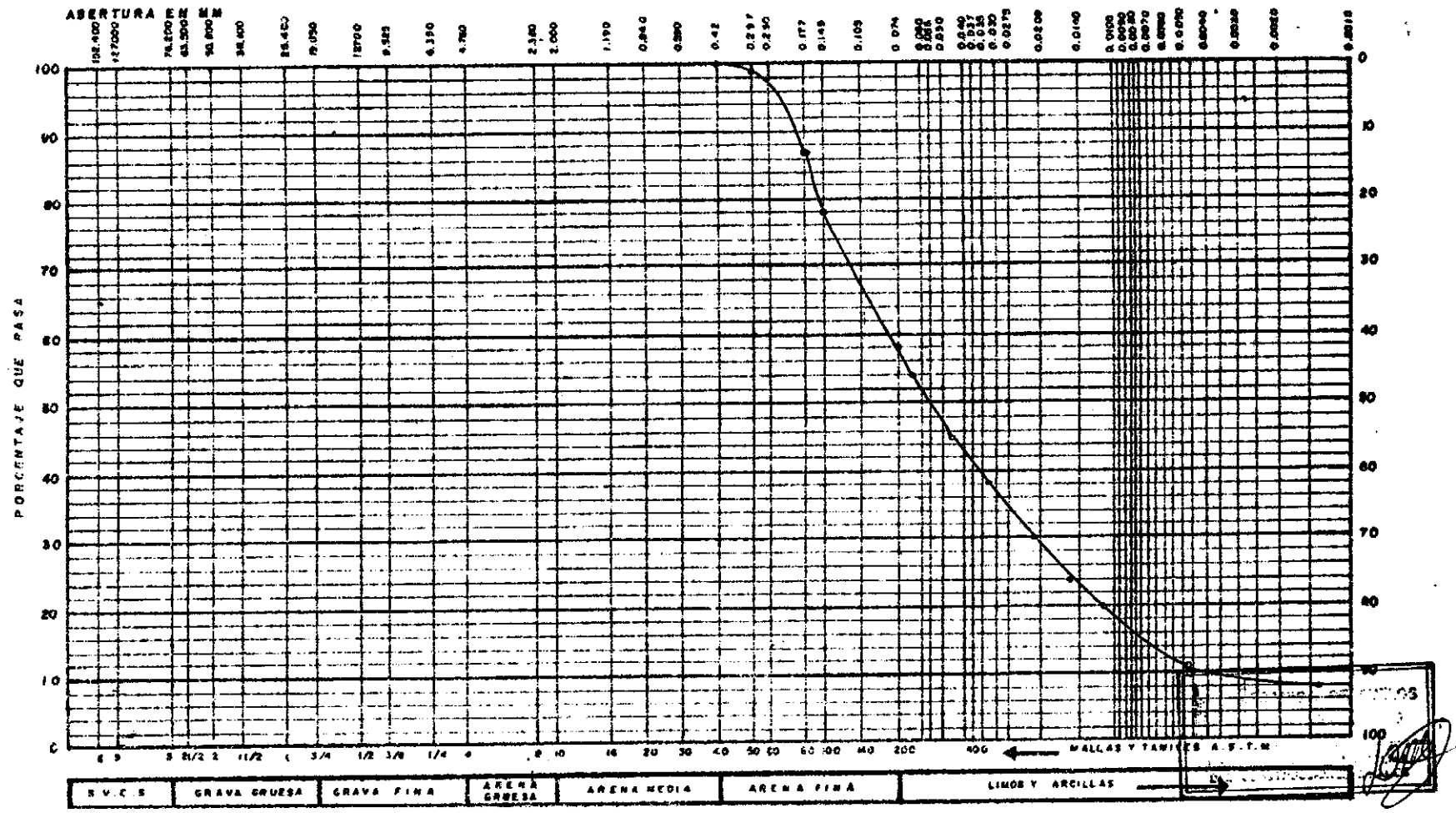


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra OBRAS DE SEGURIDAD CUENCA DEL RIMAC
Ubicación PRESA DE RELAVES MILLOTINGO
Ing. Responsable D.M.G.R. fecha 6-1-82

Muestra MC-2, M-1
Profundidad en metros
Clasificación S.U.C.S. = ML
No Plástico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

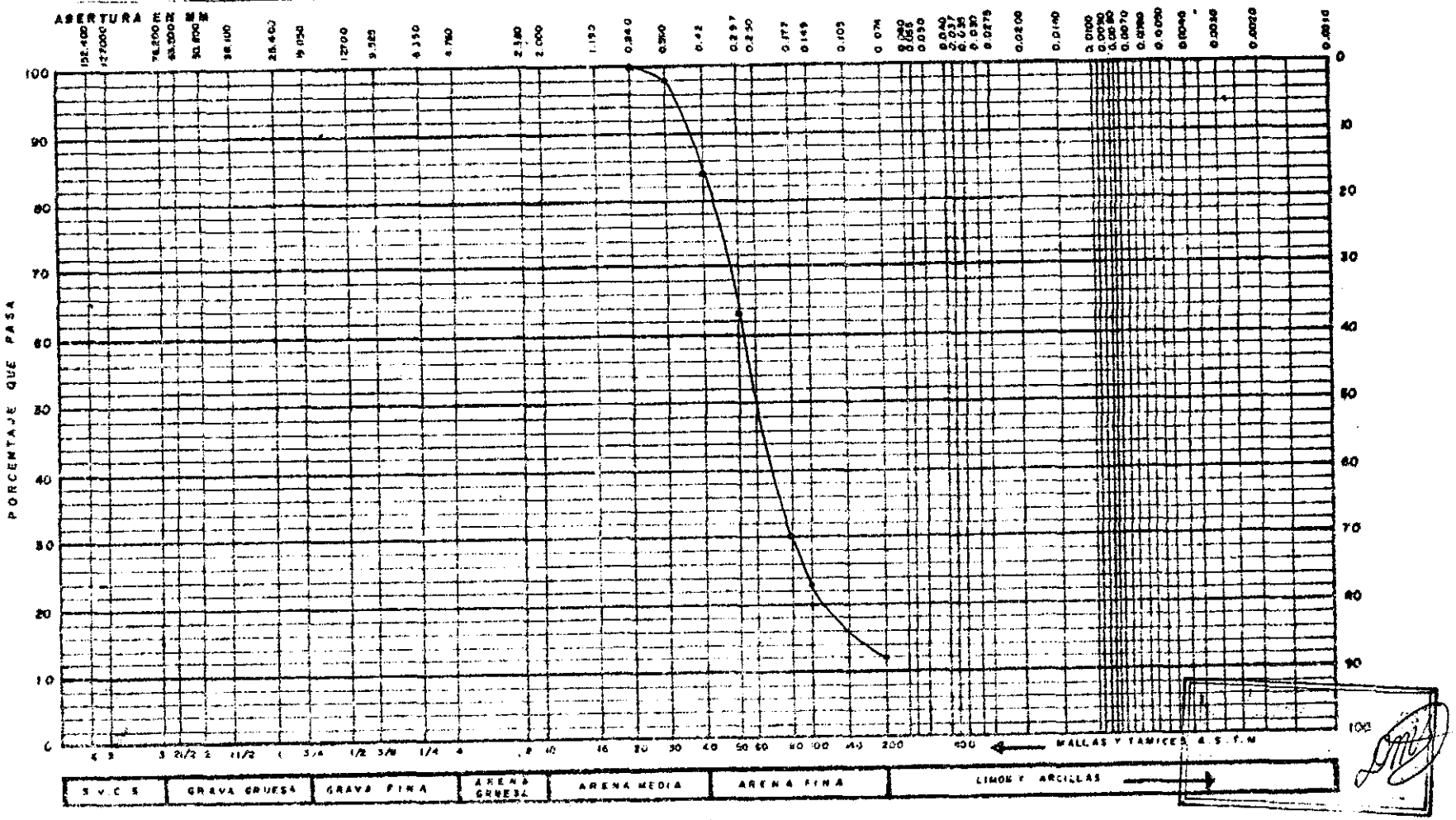
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra MC-3,M-1

Obra OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros ——

Ubicación PRESA DE RELAVES MILLOTINGO — Clasificación S.U.S.S. = SM

Ing. Responsable D.M.G.R. fecha 6-1-82 — No Plástico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

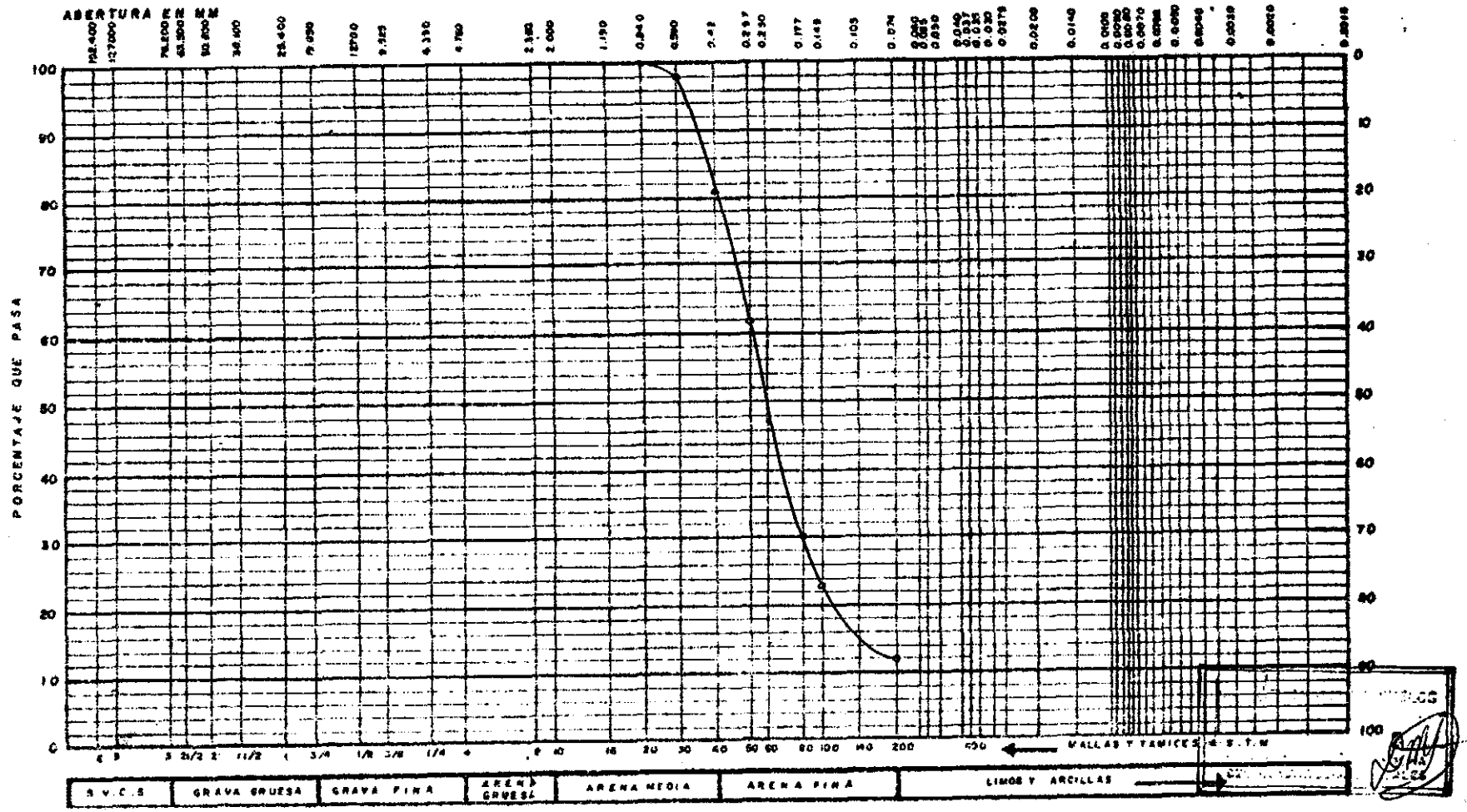
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra MC-4,M-1

Obra OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS CUENCA DEL RIMAC — Profundidad en metros —

Ubicación PRESA DE RELAVES MILLOTINGO — Clasificación No Plástico

Ing. Responsable D.M.G.R. fecha 6-1-82 — S.U.C.S. = SM

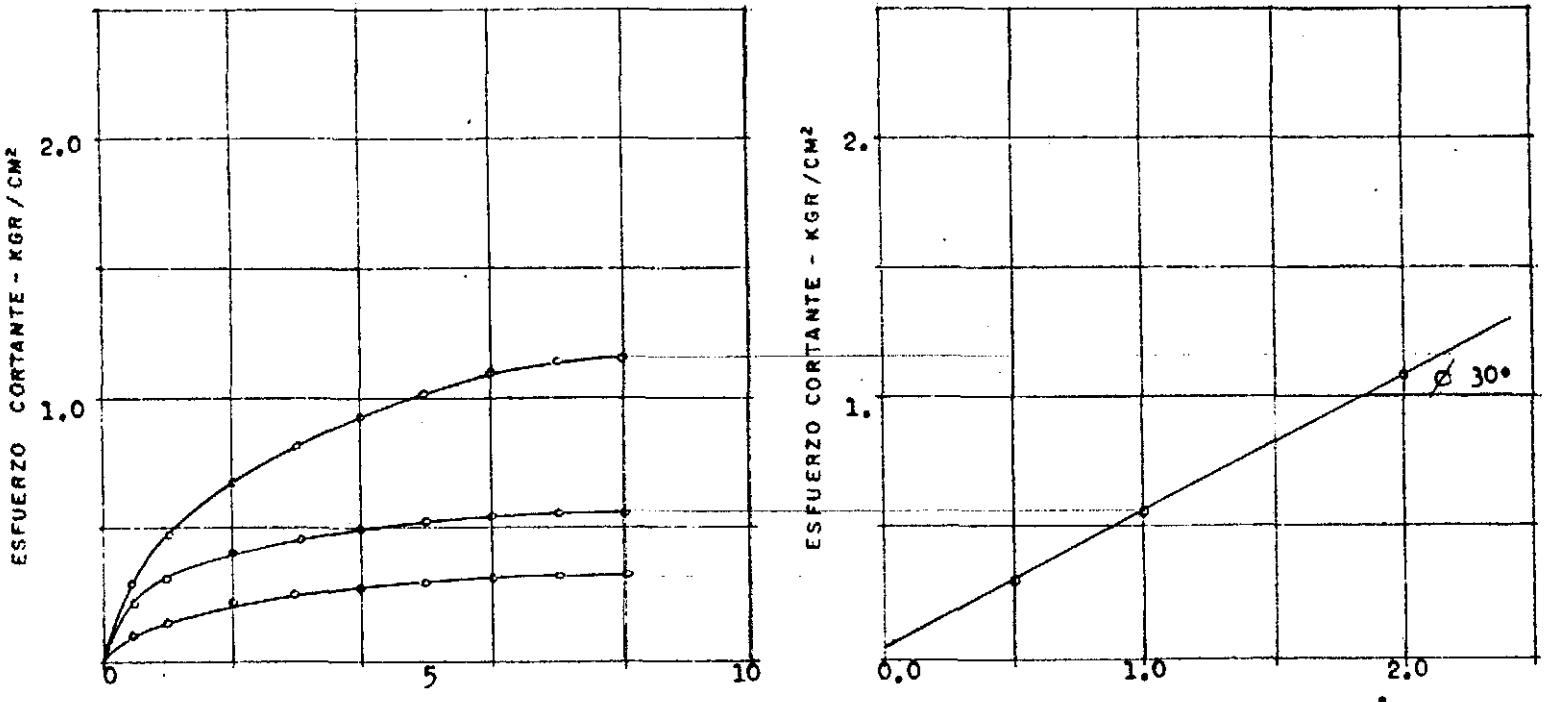


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

# INFORME L.M.S. 53/81

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO
## REMOLDEADO

Solicitante : INGEMMET — Muestra : MC-2 : M-1
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC — Profundidad : ———
Ubicación : PRESA DE RELAVES MILLOTINGO — Fecha : 16-11-81




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_d$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.40 | 18 |
| 1.0 | 1.40 | 18 |
| 2.0 | 1.40 | 18 |

C = 0.05 Kg/cm²

ING. DELIA MARTICORENA S.R.
JEFE ENCARGADA DEL L. M. S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

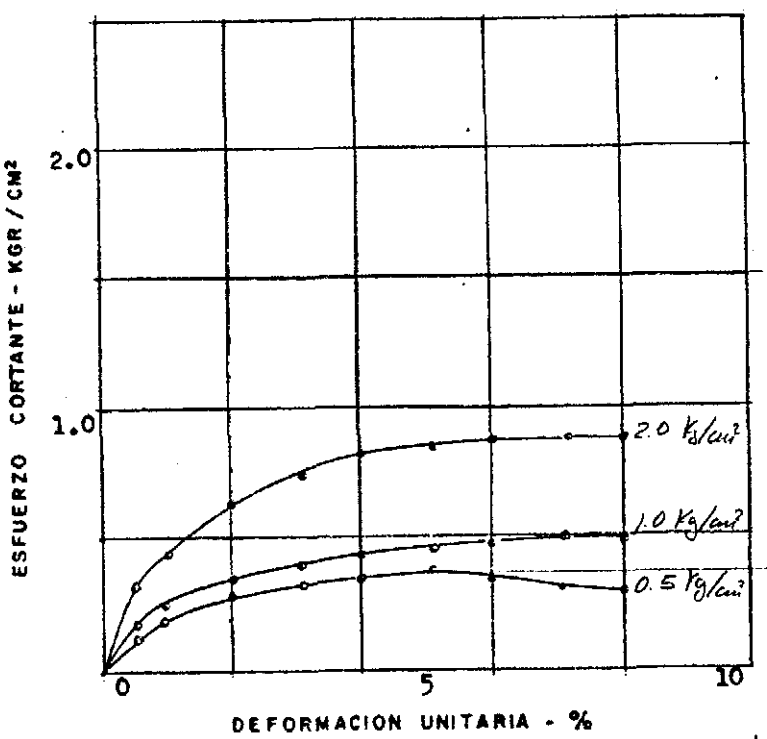
# INFORME L.M.S. 53/81

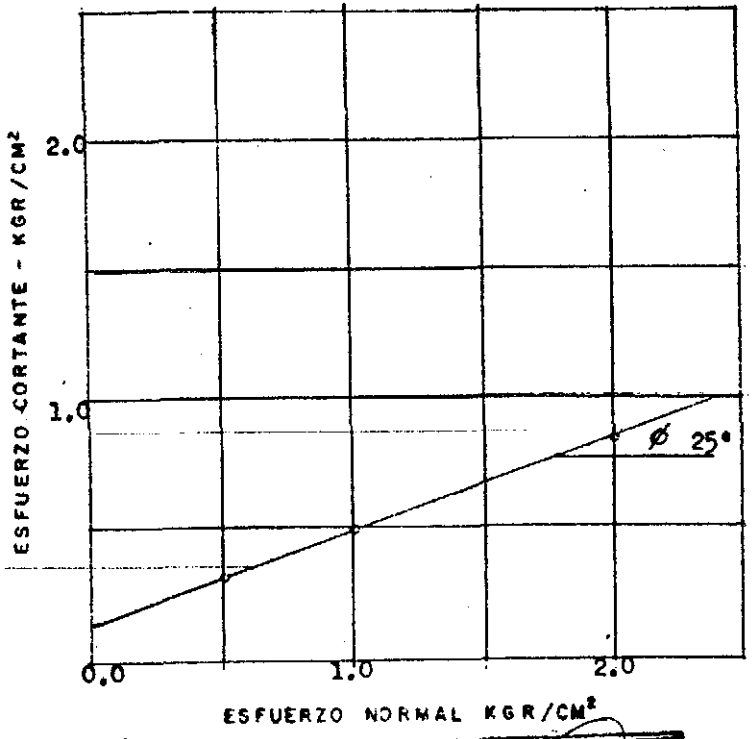
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

REMOLDEADO SATURADO

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC
Ubicación : PRESA DE RELAVES MILLOTINGO

Muestra : MC-2; M-1
Profundidad :
Fecha : 21-11-81




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_d$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.40 | 18 |
| 1.0 | 1.40 | 18 |
| 2.00 | 1.40 | 18 |

C = 0.15 Kg/cm²

ING. DELIA MARTICORENA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

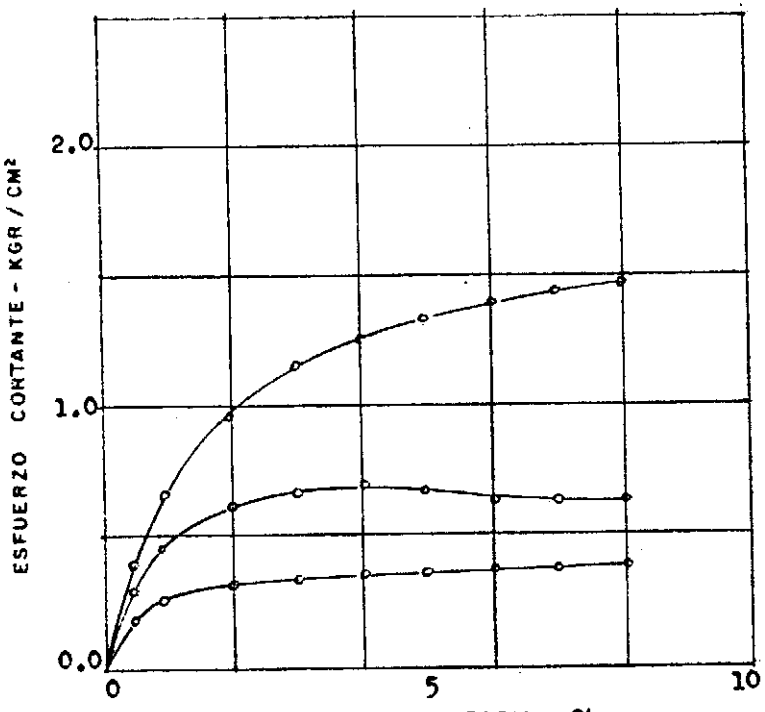
# INFORME L.M.S. 53/81

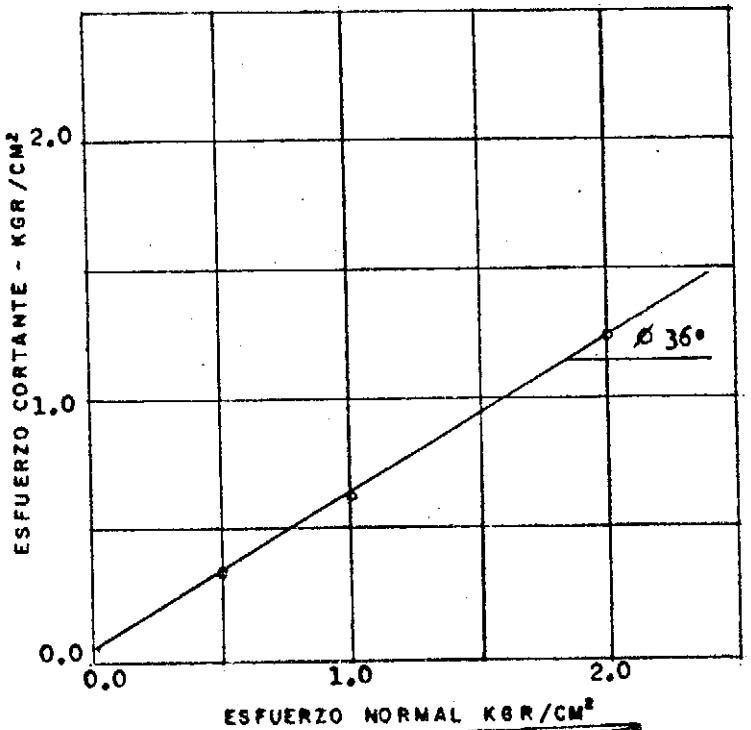
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

### R E M O L D E A D O

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC
Ubicación : PRESA DE RELAVES MILLOTINGO

Muestra : MC-3, M-1
Profundidad : ———
Fecha : 11-12-81




| $\sigma_m$ (KGR/cm) | $\gamma_d$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.51 | 4 |
| 1.0 | 1.51 | 4 |
| 2.0 | 1.51 | 4 |

C = 0.05

ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL L.M.S.

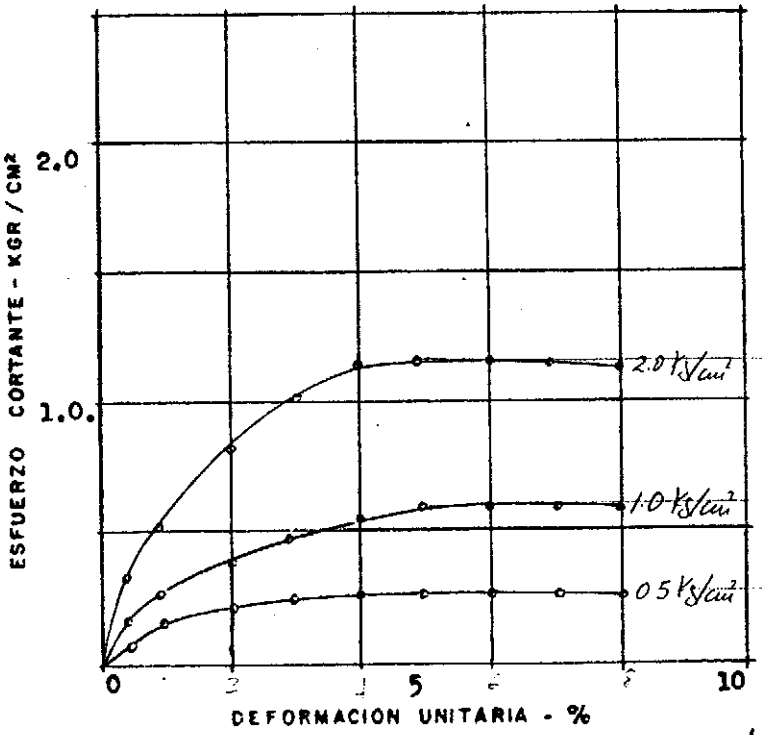
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

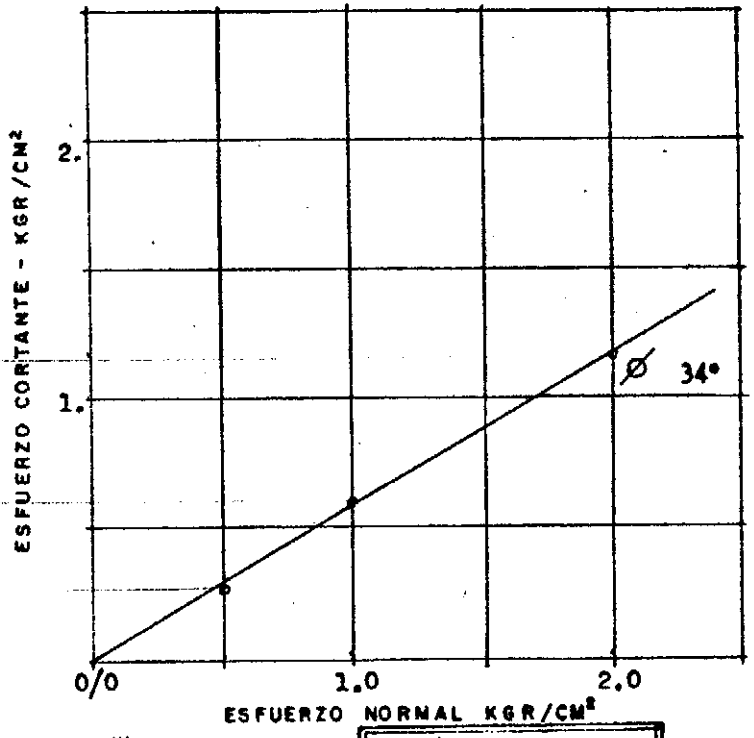
# INFORME L.M.S. 53/81

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO
REMOLDEADO SATURADO

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : OBRAS DE SEGURIDAD FISICAS, CUENCA DEL RIMAC
Ubicación : PRESA DE RELAVES MILLOTINGO

Muestra : MC- 3, M-1
Profundidad : ———
Fecha : 11-12-81




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_d$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.51 | 4 |
| 1.0 | 1.51 | 4 |
| 2.0 | 1.51 | 4 |

ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL L.M.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

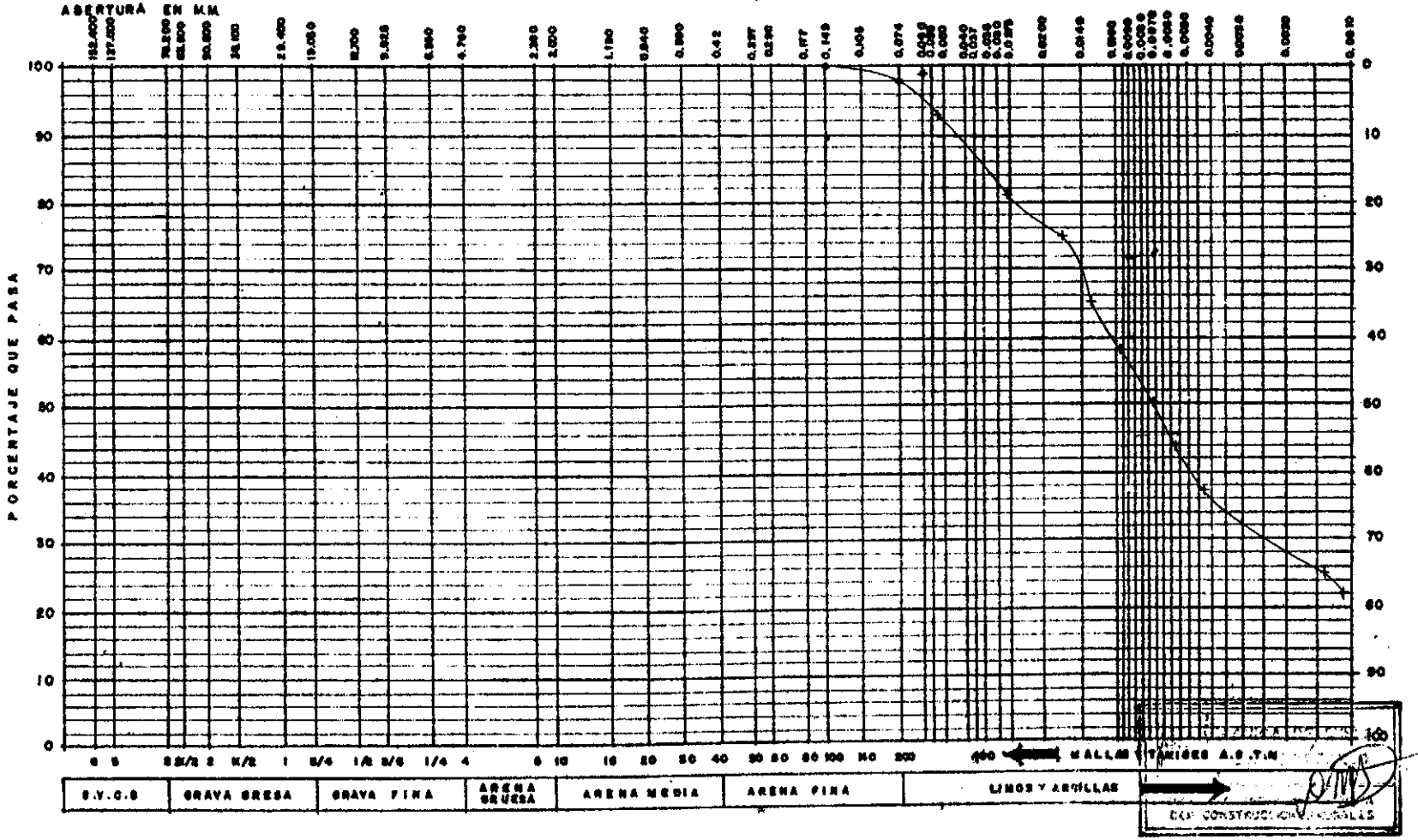
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra Y-1

Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-0.5

Ubicacion CASAPALCA — Clasificacion

Ing. Responsable D.M.G.R. — Fecha 13-7--82

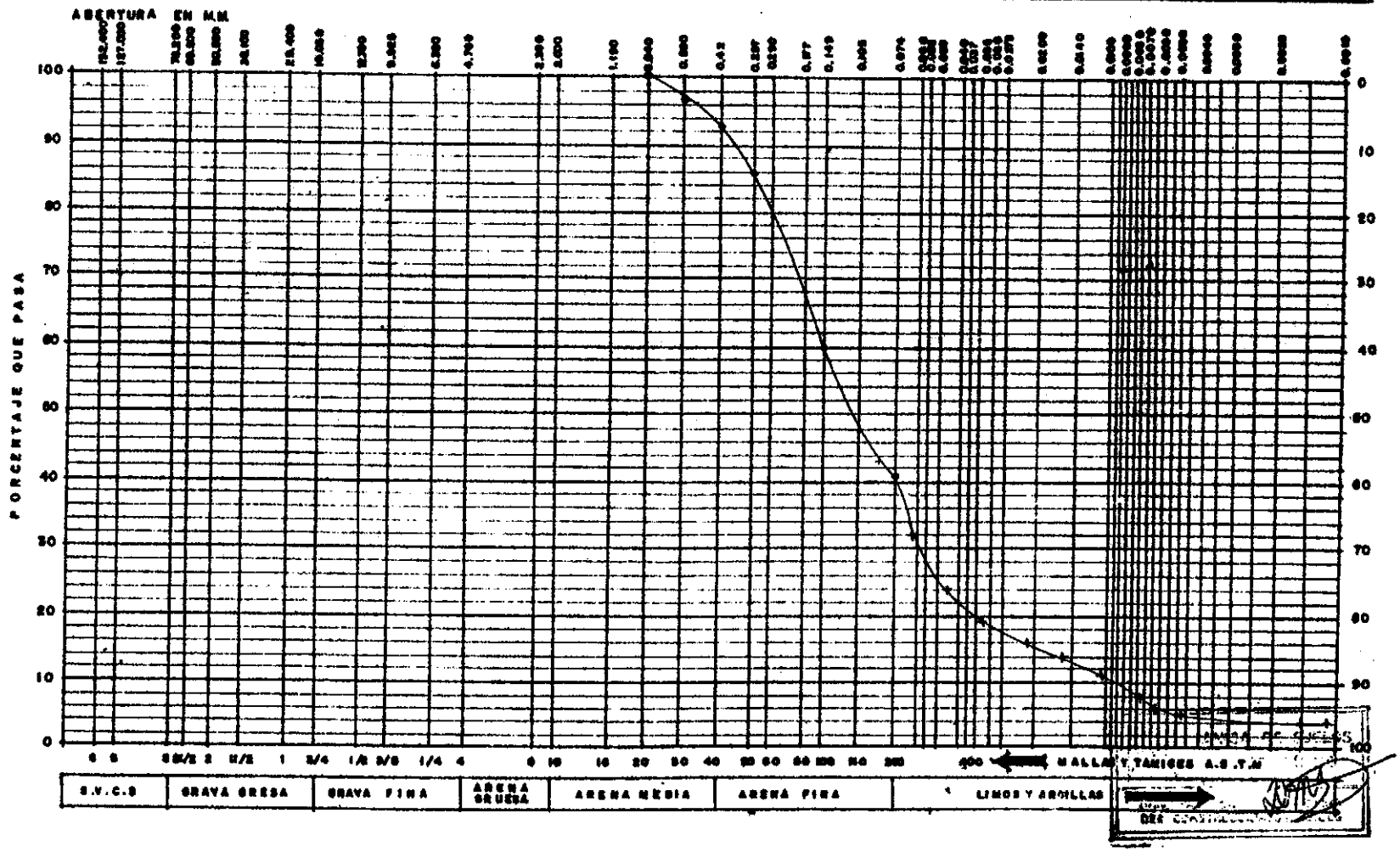


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingeniería Agrícola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YALIYACU
Ubicación CASAPALCA
Ing. Responsable D.M.G.R. Fecha 13-7-82

Muestra T-2
Profundidad en metros 0.0-0.5
Clasificación



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingeniería Agrícola

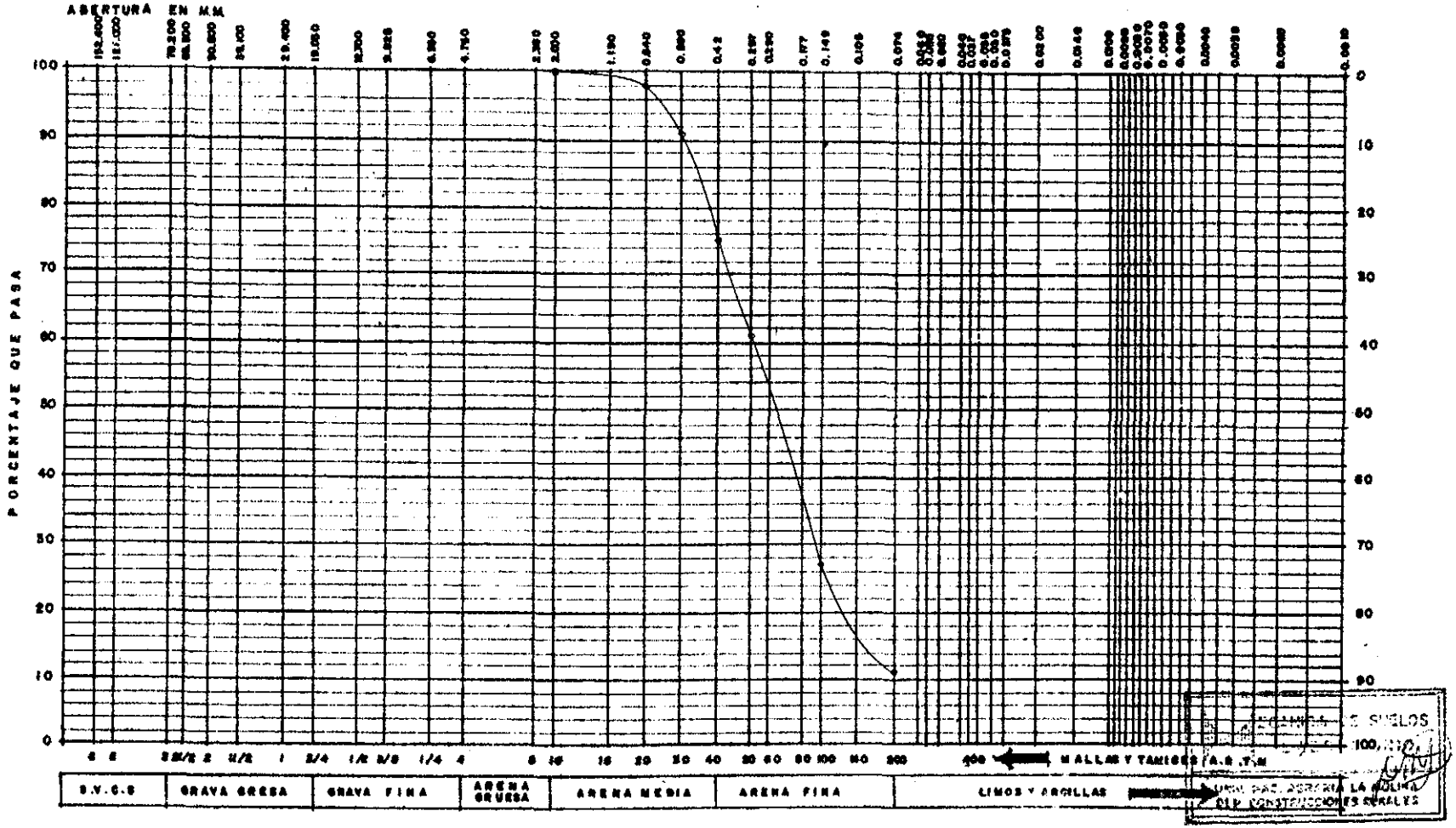
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra Y-3

Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-9.5

Ubicación CASAPALCA — Clasificación

Ing. Responsable D.M.G.R. — Fecha 13-7-82

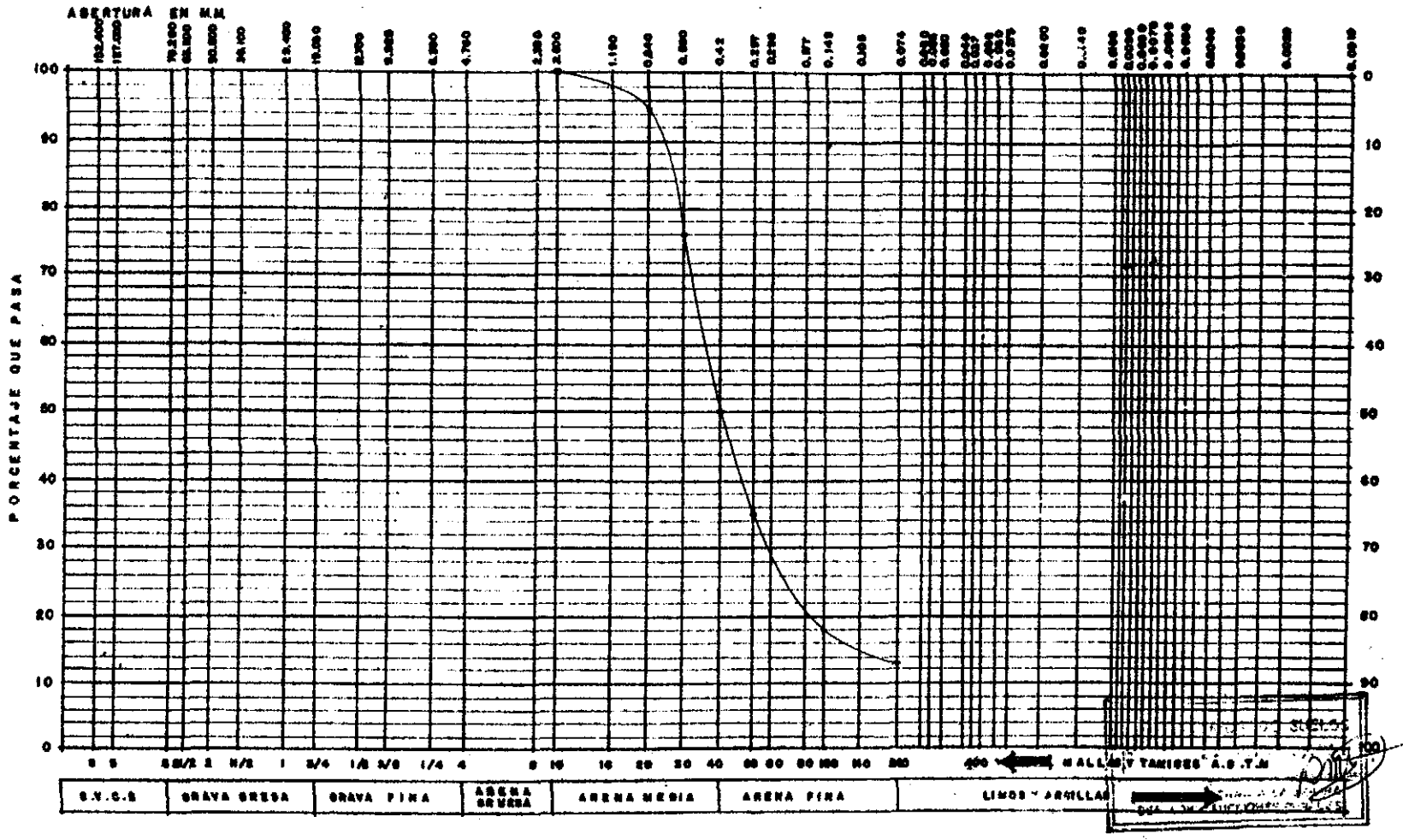



MECANICA DE SUELOS
UNIV. NAC. AGRARIA LA MOLINA
DEP. CONSTRUCCIONES RURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingeniería Agrícola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por: INGEMMET
Obra: PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU
Ubicación: CASAPALCA
Ing. Responsable: D.M.C.R. Fecha: 13-7-82
Muestra: Y-4
Profundidad en metros: 0.0-0.5
Clasificación:



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

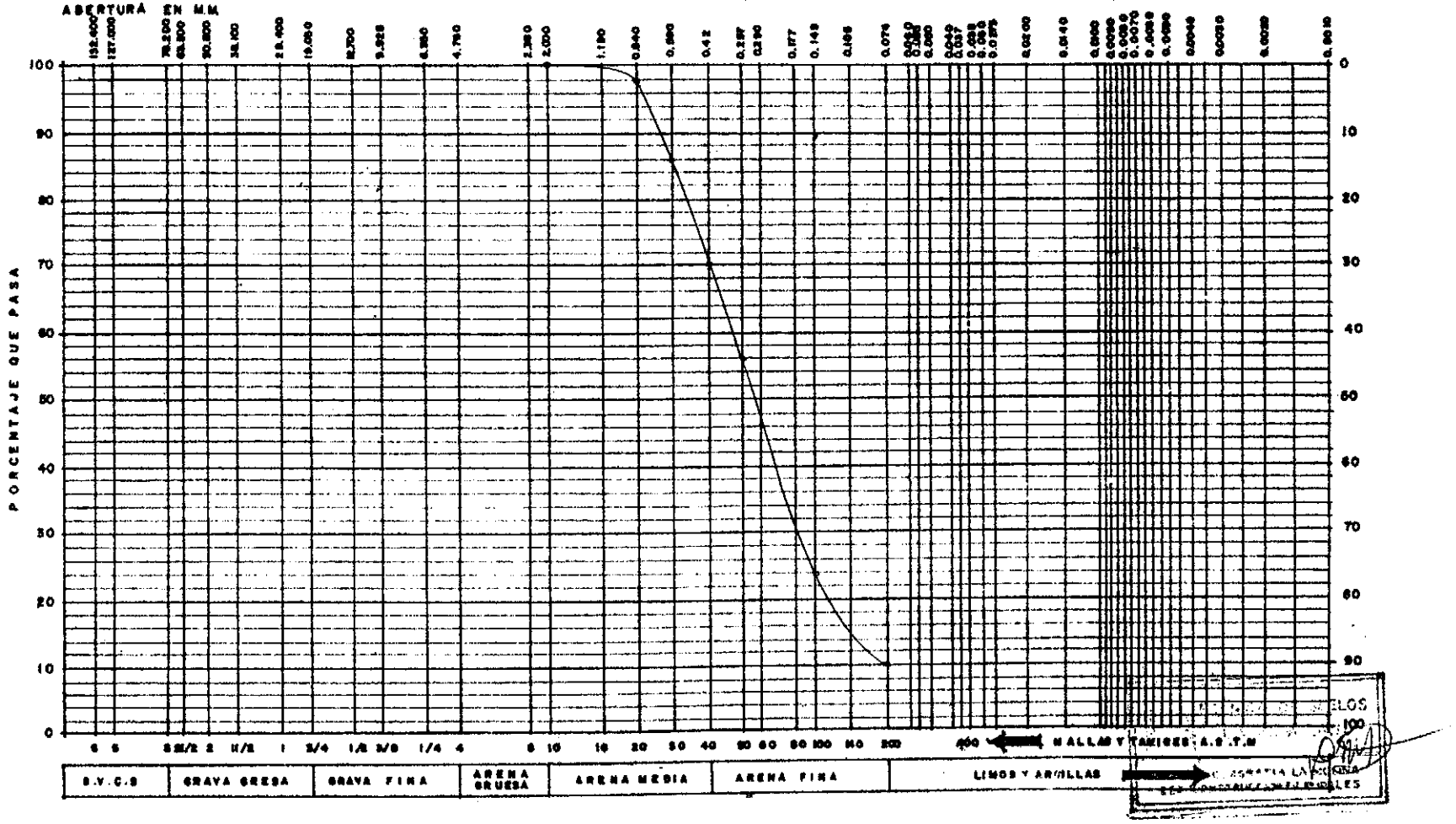
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra Y-5

Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-0.5

Ubicación CASAPALCA — Clasificación

Ing. Responsable D.M.G.R. — Fecha 13-7-82



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingeniería Agrícola

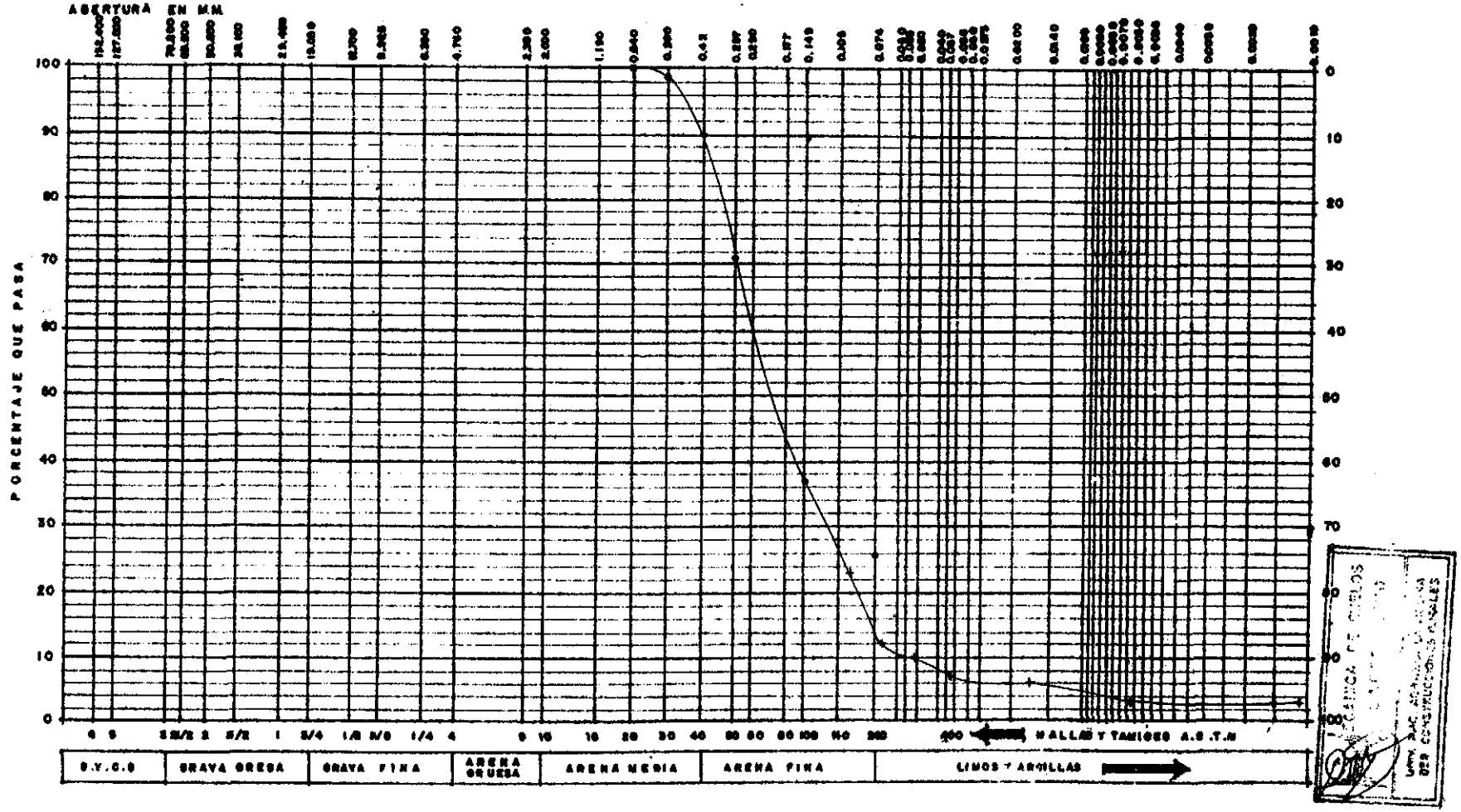
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra Y-6

Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-0.5

Ubicación CASAPALCA — Clasificación

Ing. Responsable D.M.G.R. — Fecha 13-7-82

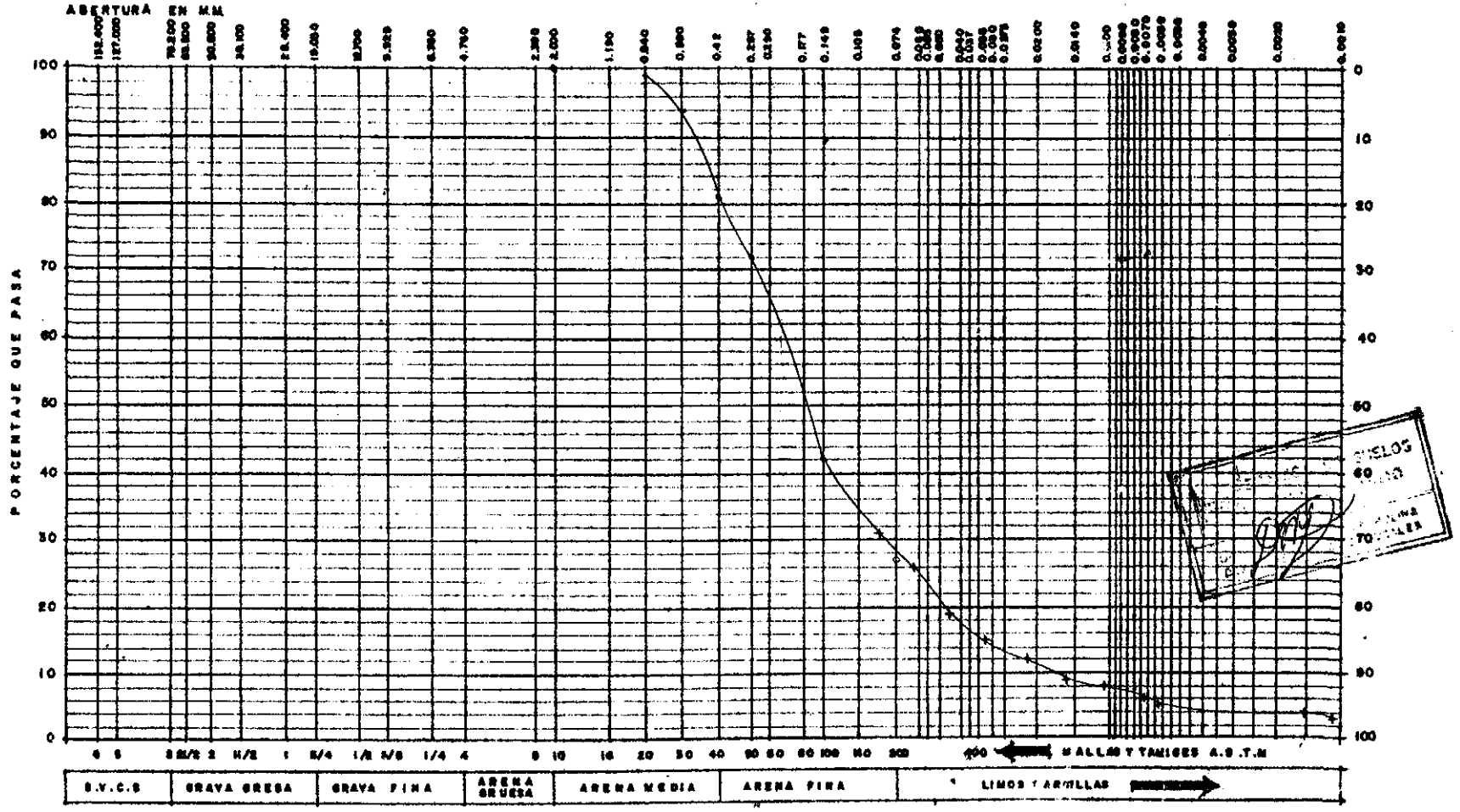


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU
Ubicación CASAPALCA
Ing. Responsable D.M.C.R. Fecha 13-7-82

Muestra Y-7
Profundidad en metros 0.0-0.5
Clasificación



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

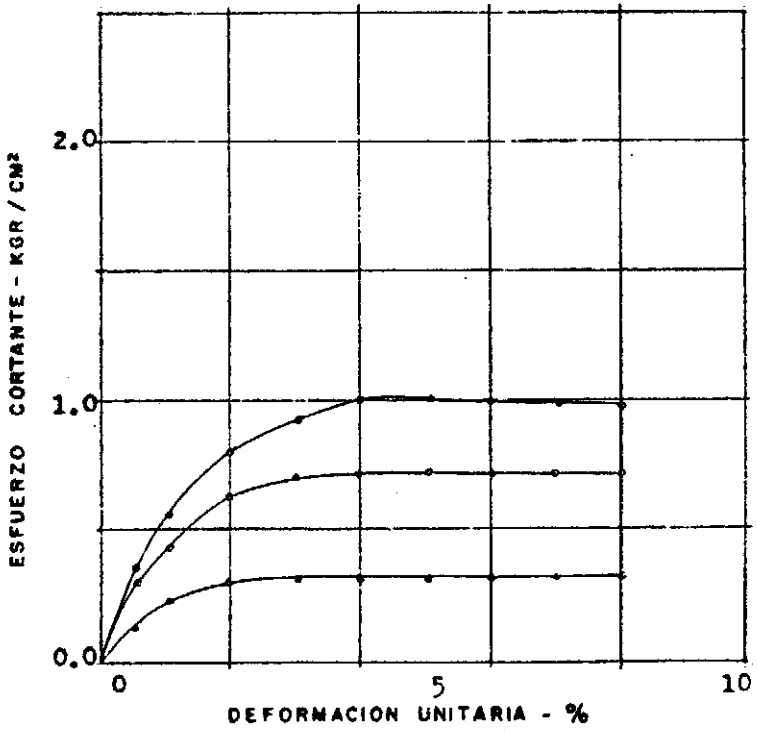
# INFORME L.M.S. 33/82

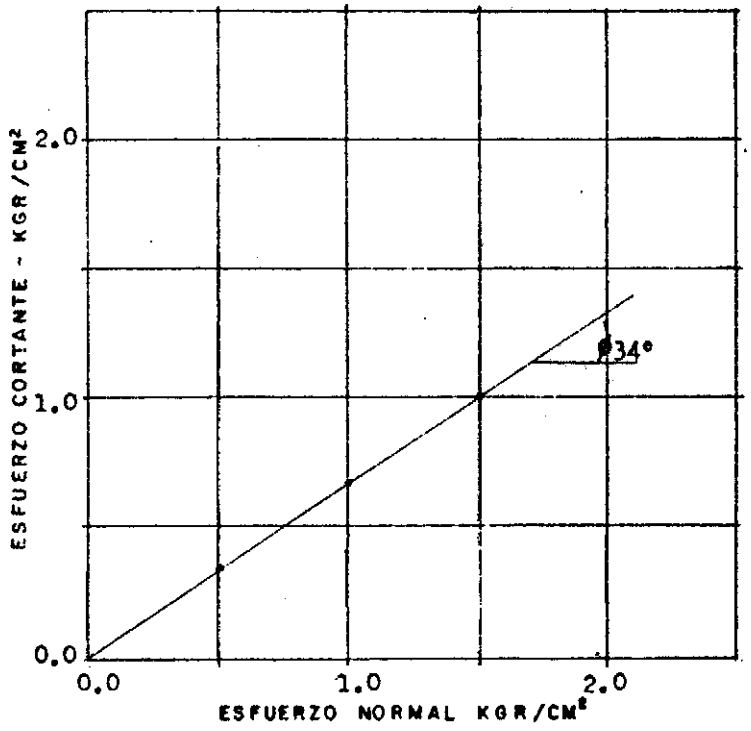
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA REMOLDEADA

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU
Ubicación : CASAPALCA

Muestra : Y-2
Profundidad : 0/00-0.50
Fecha : 25-6-82




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.50 | 1.66 | 18 |
| 1.00 | 1.66 | 18 |
| 1.50 | 1.66 | 18 |

ING. DELIA MARTICORENA S.R
JEFE ENCARGADA DEL L M S

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

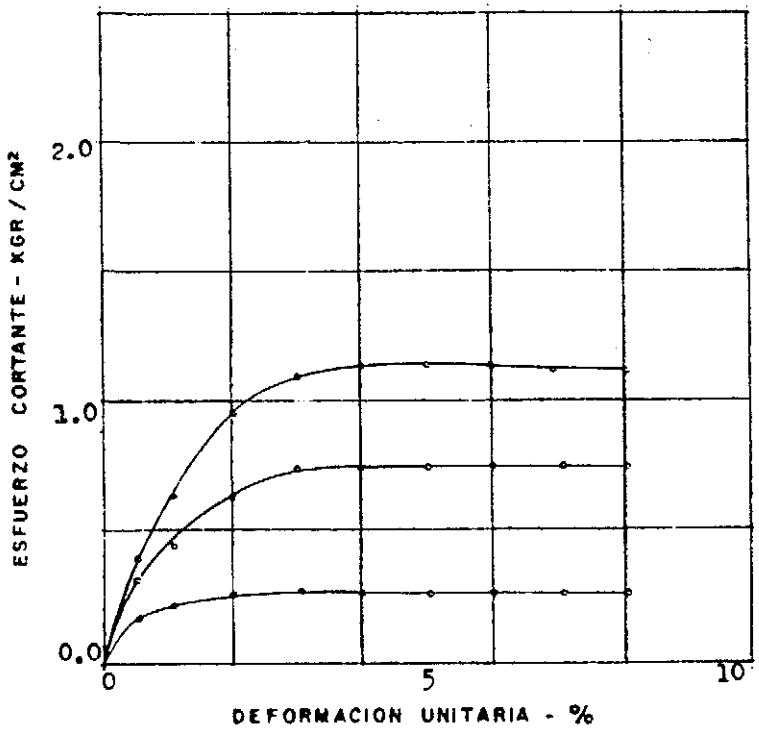
# INFORME L.M.S. 33/82

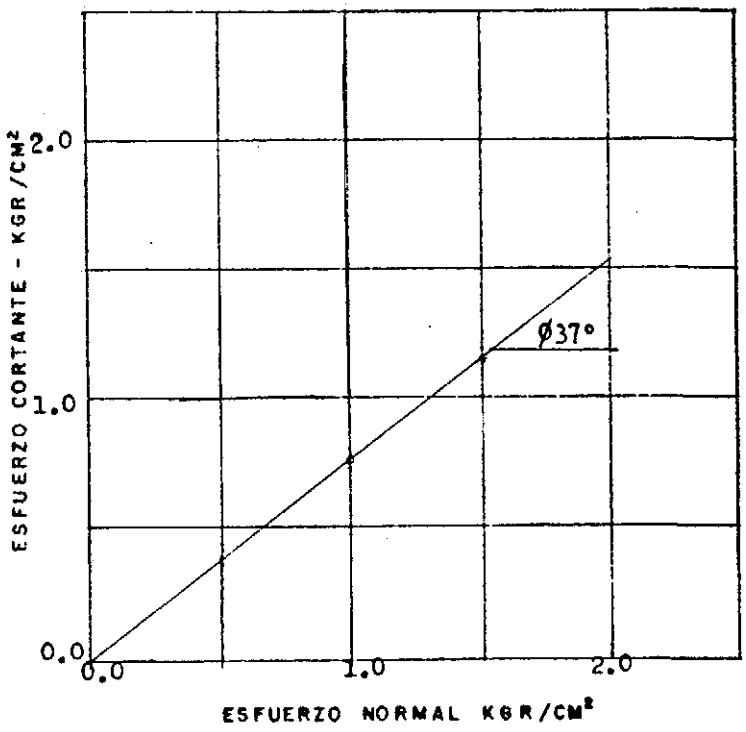
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA REMOLDEADA

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : PRESA DE RELAVES [redacted] YAULIYACU
Ubicación : CASAPALCA

Muestra : Y-4
Profundidad : 0.00-0.50
Fecha : 30-6-82




| $\sigma_n$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.50 | 1.57 | 11 |
| 1.00 | 1.57 | 11 |
| 1.50 | 1.57 | 11 |

ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL L. M. S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

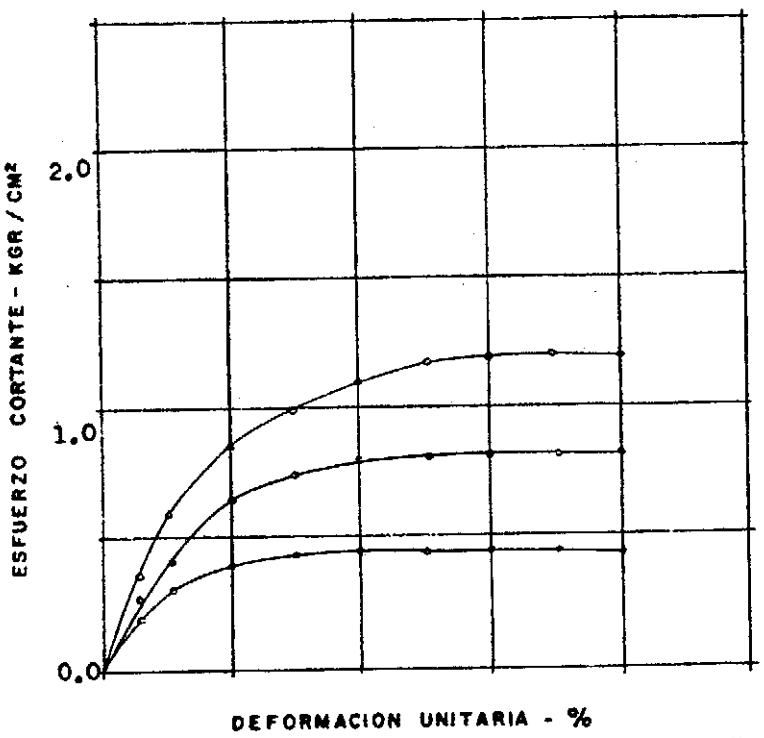
# INFORME L.M.S. 33/82

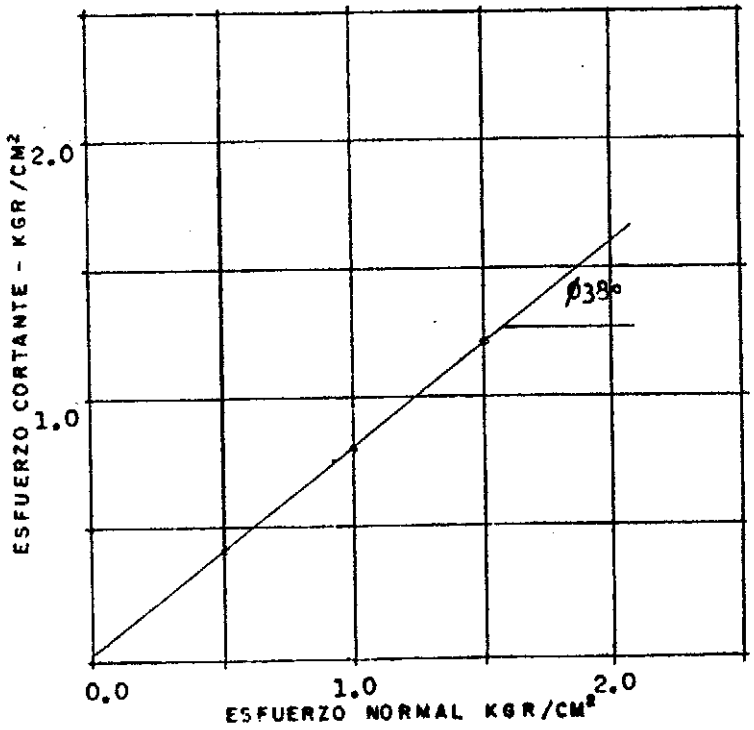
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA REMOLDEADA

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : PRESA DE RELAVES DE [redacted] YAULIYACU
Ubicación : CASAPALCA

Muestra : I-7
Profundidad : 0.00-0.50 mts
Fecha : 30-6-82




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.50 | 1.66 | 17 |
| 1.00 | 1.66 | 18 |
| 1.50 | 1.66 | 18 |

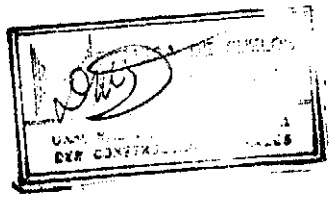
MECANICA DE SUELOS
ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
TELF. 35-2035 — APARTADO 456
LA MOLINA
LIMA - PERU

# INFORME L.M.S. 33/82

SOLICITANTE: INGEMMET
PROYECTO : PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU-CASAPALCA
FECHA : 13-07-82

| MUESTRA | PROFUNDIDAD (mts.) | ANALISIS GRANULOMETRICO % QUE PASA MALLA N° 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | LIMITE DE ATTERBERG LL (%) | LP (%) | PESO ESPECIFICO G | DENSIDAD MINIMA (gr/cc) | DENSIDAD MAXIMA (gr/cc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NY-1 | 0.00-0.50 | | | | 100 | -- | 99 | 84 | 26 | 22 | NP | 2:84 | 1.00 | 1.55 |
| Y-1 | 0.00-0.50 | | | | | | 100 | 98 | 77 | 34 | 25 | 2.84 | 0.82 | 1.24 |
| NY-2 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 90 | 74 | 59 | 27 | 11 | 3 | -- | NP | 2.93 | 1.51 | 1.90 |
| Y-2 | 0.00-0.50 | | 100 | 97 | 93 | 86 | 60 | 41 | 7 | 17 | NP | 2.86 | 1.37 | 1.80 |
| NY-3 | 0.00-0.50 | 100 | 99 | 94 | 80 | 67 | 28 | 10 | 2 | -- | NP | 2.90 | 1.46 | 1.84 |
| Y-3 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 91 | 75 | 61 | 27 | 11 | 3 | -- | NP | 2.94 | 1.44 | 1.82 |
| NY-4 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 88 | 69 | 54 | 19 | 6 | 3 | -- | NP | 2.92 | 1.41 | 1.77 |
| Y-4 | 0.00-0.50 | 100 | 95 | 76 | 50 | 35 | 18 | 13 | 5 | -- | NP | 2.81 | 1.38 | 1.77 |
| NY-5 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 90 | 76 | 64 | 29 | 10 | 3 | -- | NP | 2.91 | 1.41 | 1.78 |
| Y-5 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 86 | 70 | 56 | 24 | 10 | 3 | -- | NP | 2.92 | 1.43 | 1.84 |
| NY-6 | 0.00-0.50 | 100 | 98 | 92 | 69 | 56 | 23 | 5 | 6 | -- | NP | 2.90 | 1.41 | 1.78 |
| Y-6 | 0.00-0.50 | | 100 | 99 | 90 | 71 | 37 | 26 | 8 | -- | NP | 2.91 | 1.37 | 1.75 |
| Y-7 | 0.00-0.50 | 100 | 99 | 94 | 81 | 72 | 42 | 27 | 9 | 20 | NP | 2.89 | 1.36 | 1.77 |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

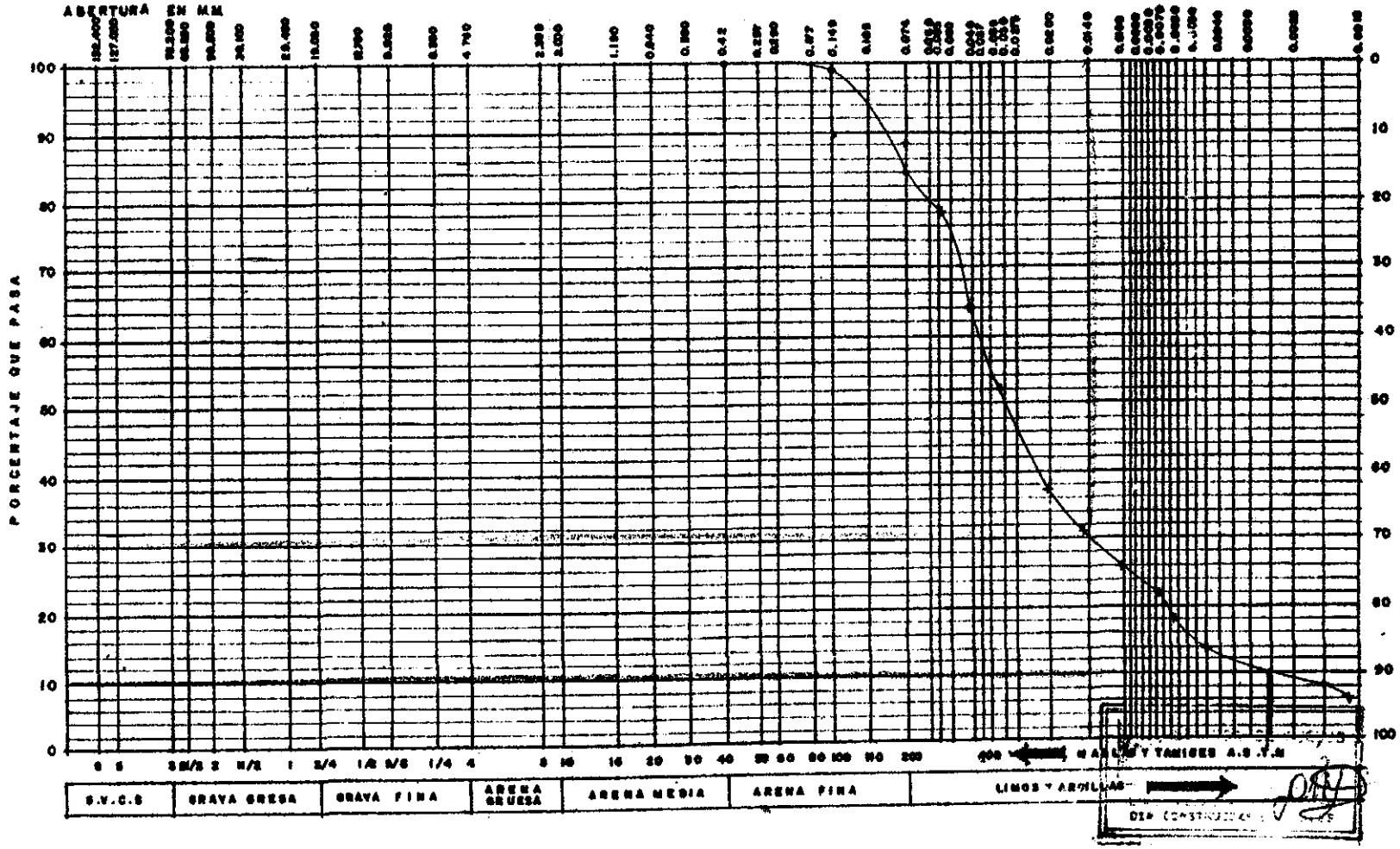
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INCEMMET — Muestra NY-1

Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-0.5

Ubicación CASAPALCA — Clasificación

Ing. Responsable D.M.G.R — Fecha 13-7-82

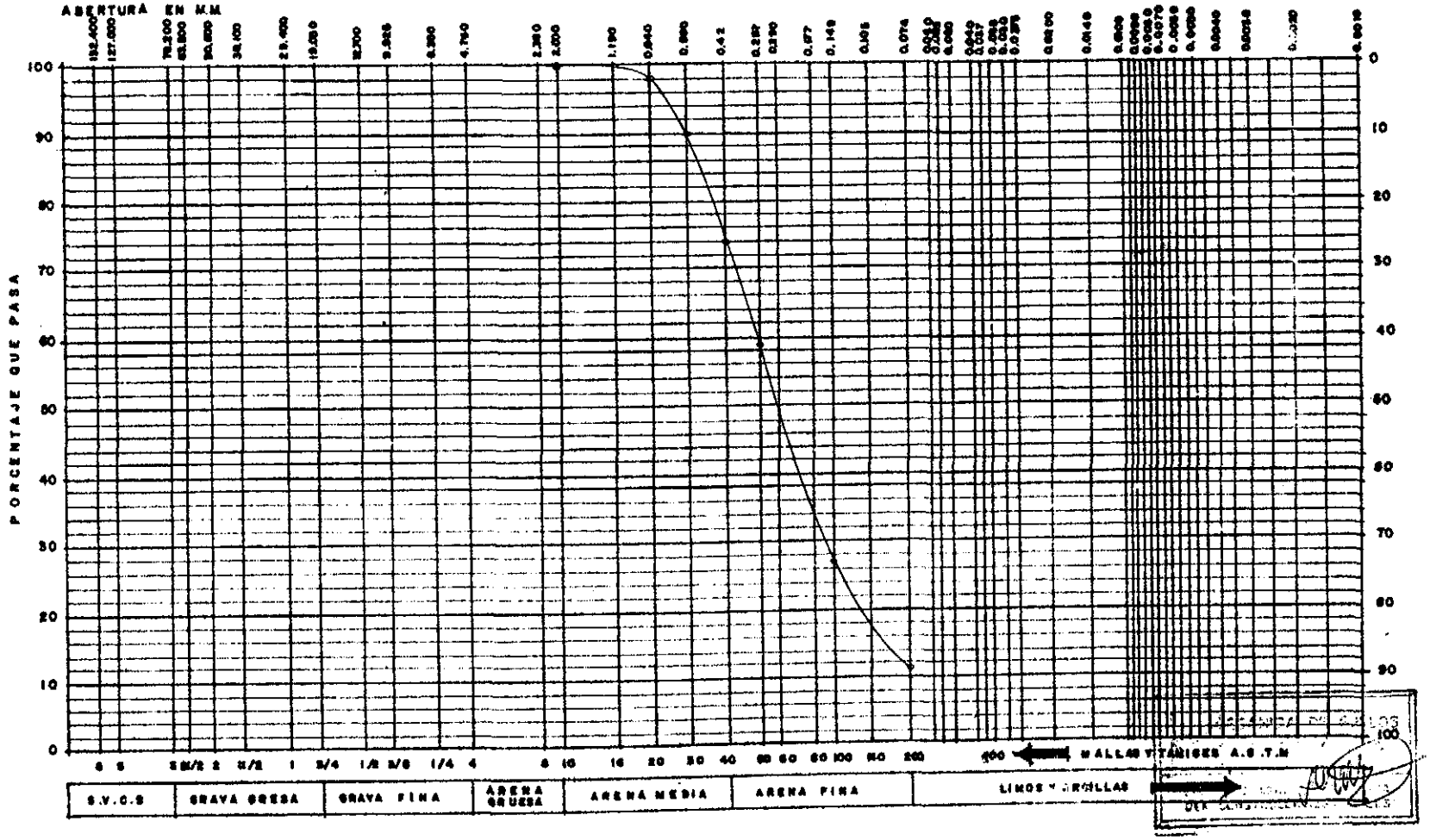


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU
Ubicacion CASAPALCA
Ing. Responsable D.M.G.R. Fecha 13-7-82

Muestra NY-2
Profundidad en metros 0.0-0.5
Clasificacion

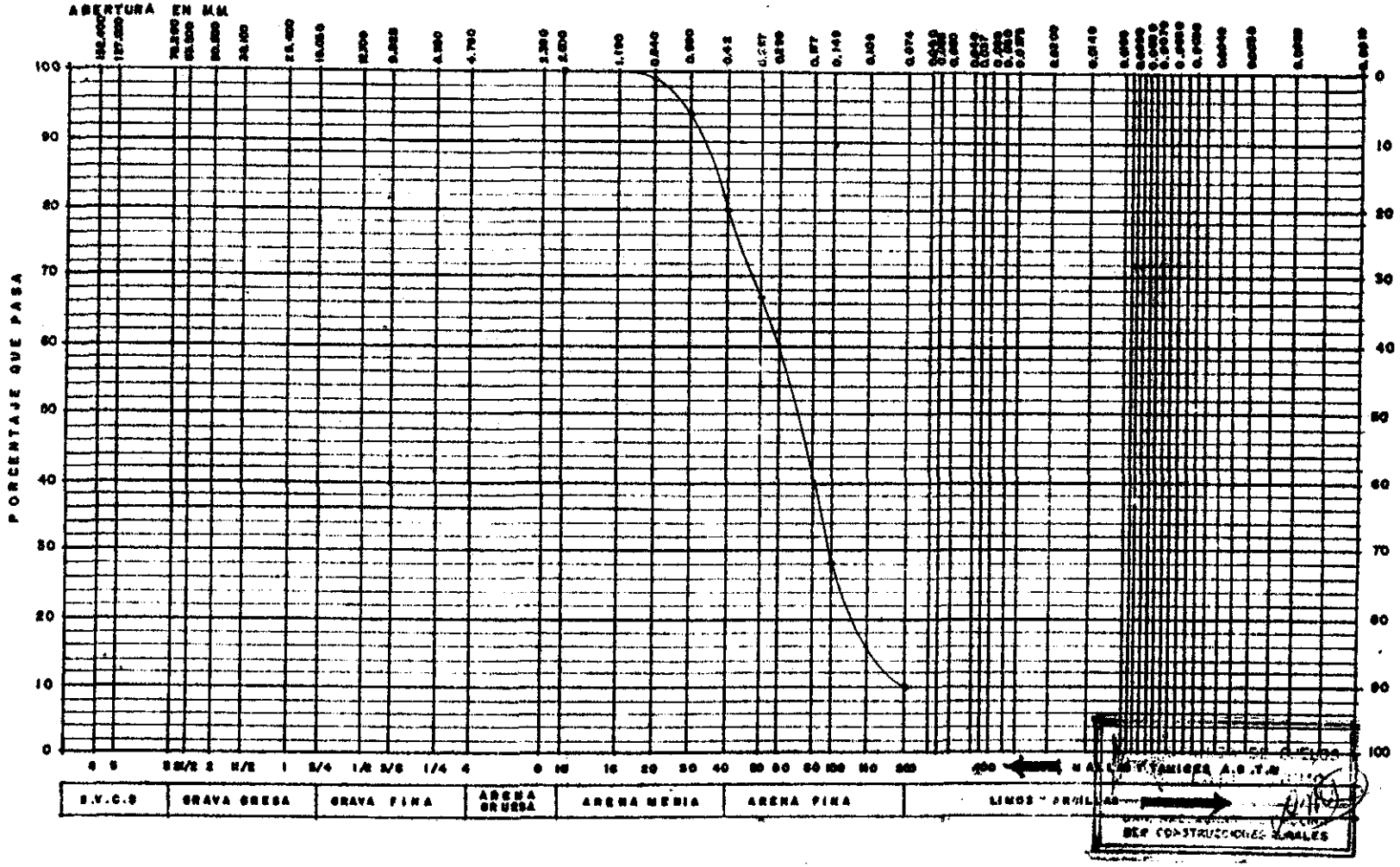


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU
Ubicacioń CASABALCA
Ing. Responsable D.M.C.R. Fecha 13-7-82

Muestra NY-3
Profundidad en metros 0.0-0.5
Clasificacioń

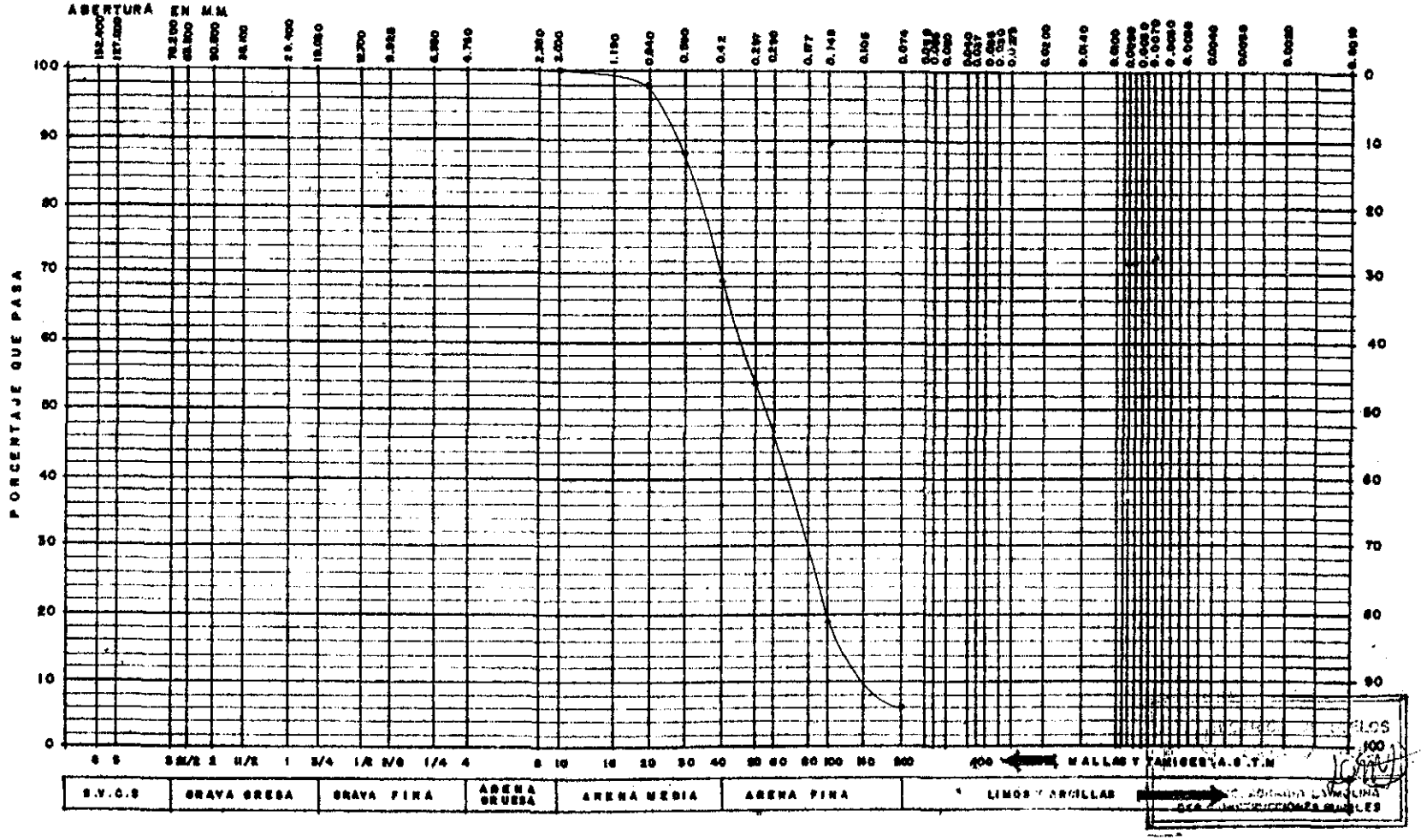


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU
Ubicacion CASAPALCA
Ing. Responsable D.M.G.R. Fecha 13-7-82

Muestra NY-1
Profundidad en metros 0.0-0.5'
Clasificacion

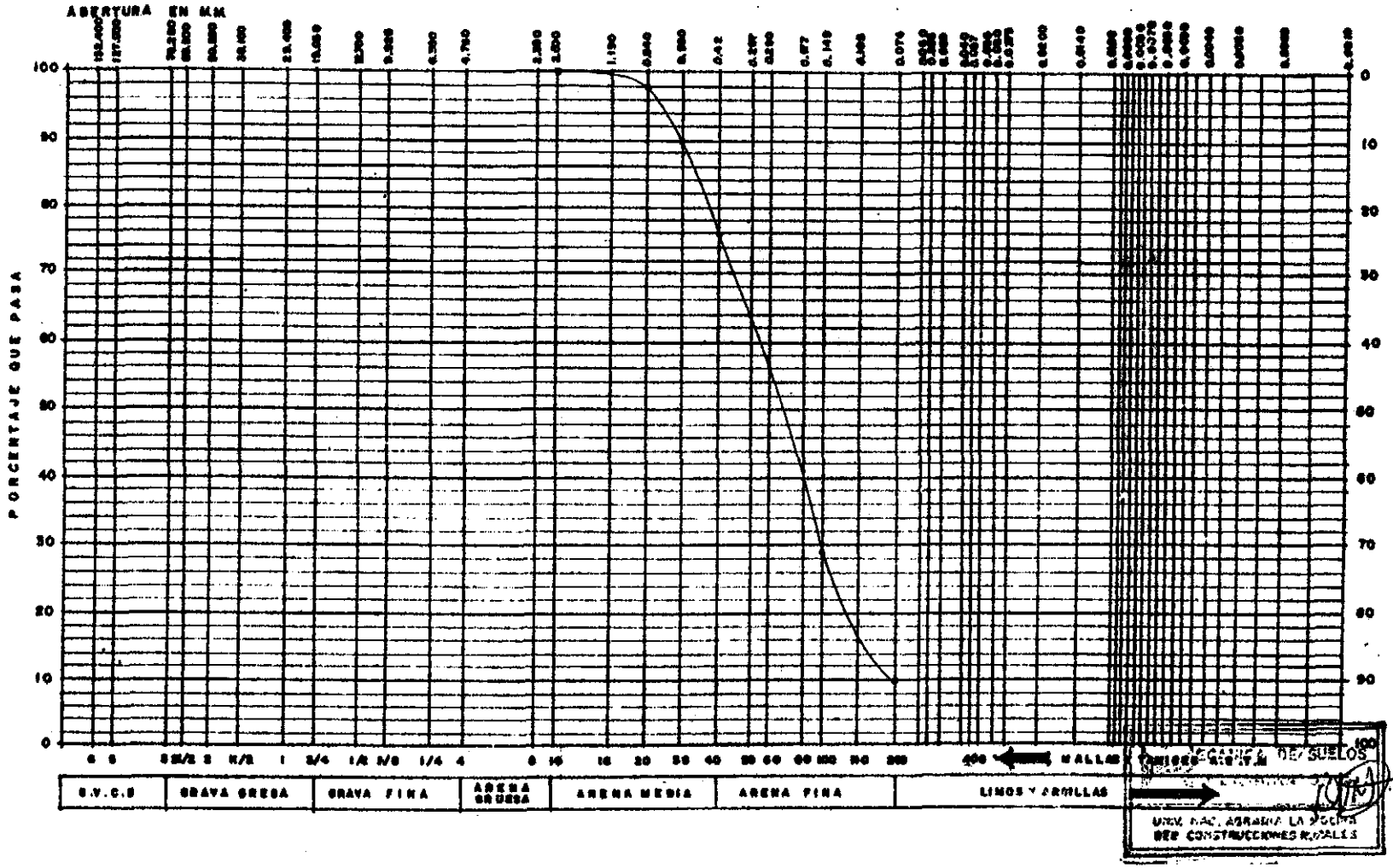


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET
Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU
Ubicacion CASAPALCA
Ing. Responsable D.M.G.R. Fecha 13-7-82

Muestra NY-5
Profundidad en metros 0.0-0.5
Clasificacion



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA Ingenieria Agricola

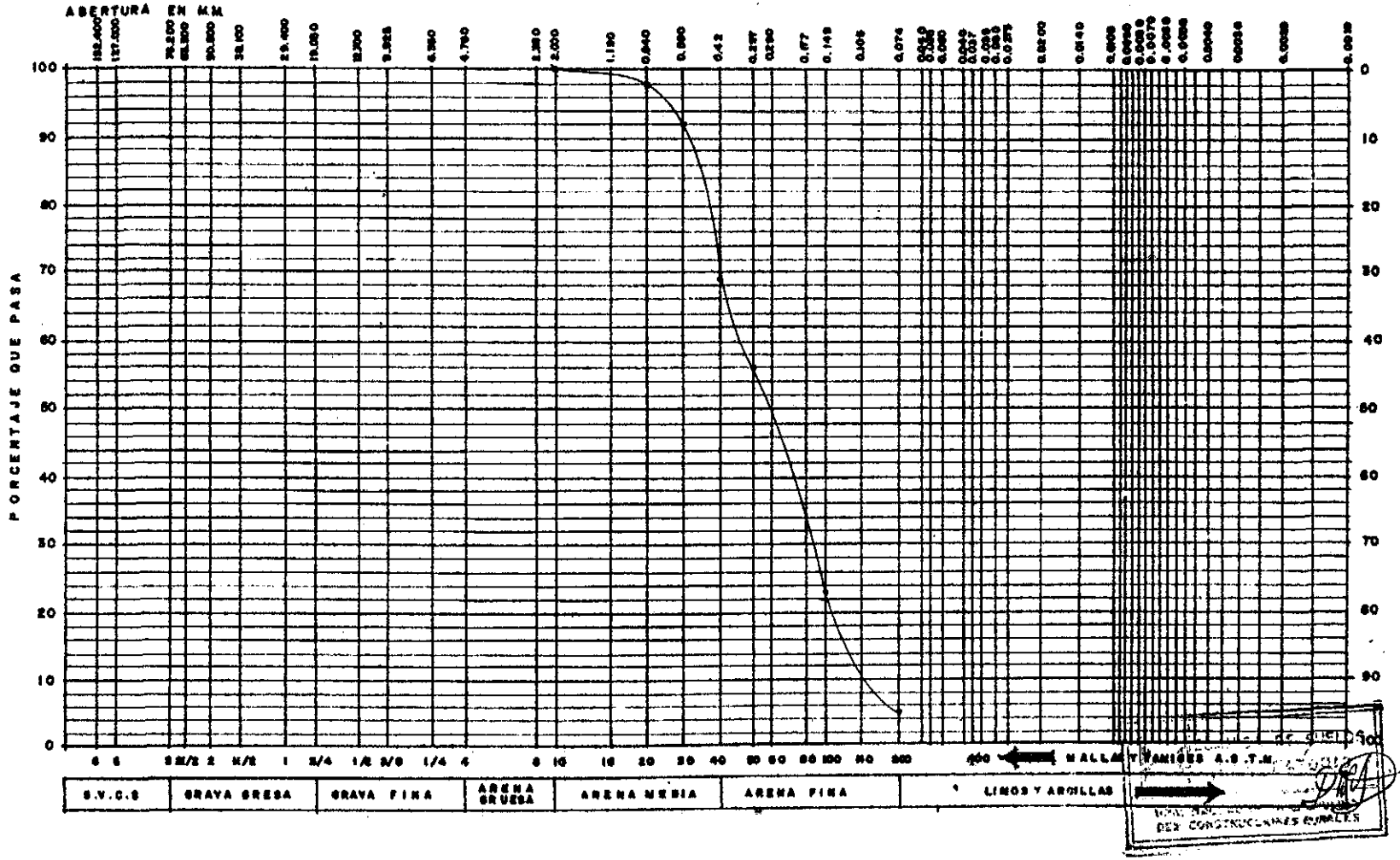
# CURVA GRANULOMETRICA

Solicitado por INGEMMET — Muestra NY-6

Obra PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU — Profundidad en metros 0.0-0.5

Ubicación CASAPALCA — Clasificación

Ing. Responsable D.M.G.R. — Fecha 13-7-82



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

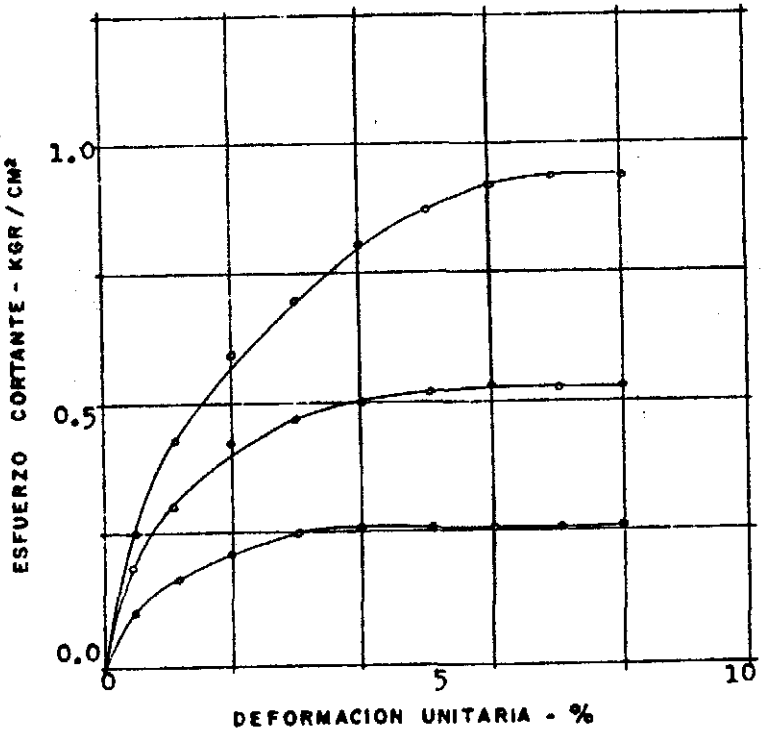
# INFORME L.M.S. 33/82

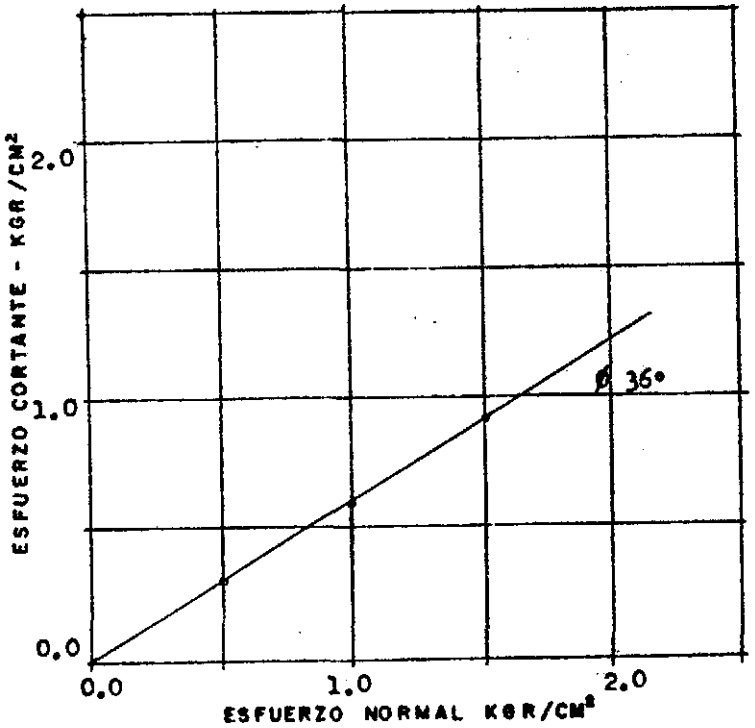
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA REMOLDEADA

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : Presa De Relaves Nueva Yauliyacu
Ubicación : Casapalca

Muestra : NY-2
Profundidad : 0.00-0.50 mts
Fecha : 29-6-82




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\gamma_o$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.50 | 1.54 | 9 |
| 1.00 | 1.54 | 9 |
| 1.50 | 1.54 | 9 |

ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL L.M.S.

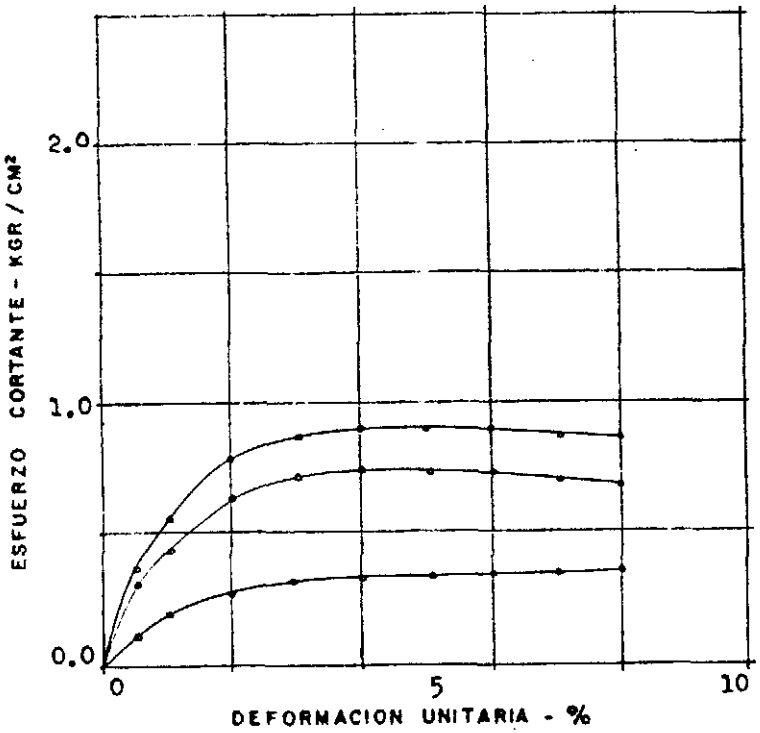
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

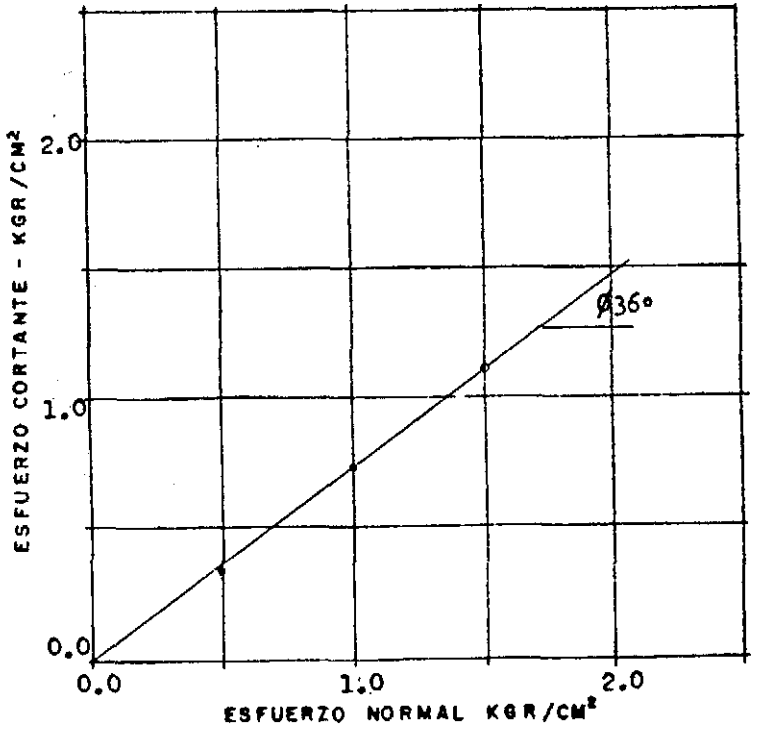
# INFORME L.M.S. 33/82

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO
MUESTRA REMOLDEADA

Solicitante : INGEMMET
Proyecto : PRESA DE RELAVES NUEVA YAULIYACU
Ubicación : CASAPALCA

Muestra : NY-3
Profundidad : 0.00-0.50 mts
Fecha : 26-6-82




| $\tau_m$ (KGR/cm²) | $\delta_o$ (GR/cc) | $\omega_o$ (%) |
|---|---|---|
| 0.50 | 1.54 | 10 |
| 1.00 | 1.54 | 10 |
| 1.50 | 1.54 | 10 |

MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO
ING. DELIA MARTICORENA G.R.
JEFE ENCARGADA DEL L.M.S.

Página en blanco

# 10.0 EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS

El objetivo fundamental del presente capítulo es conocer las condiciones de seguridad física de los asentamientos poblacionales de la vasta cuenca del Río Rimac, especialmente de los ubicados en sus riberas, ya que son los más afectados por la acción del río y/o por los fenómenos de geodinámica externa que se producen en épocas de fuertes precipitaciones.

Para este trabajo se observó detenidamente la ubicación de cada centro poblado, con relación al tipo de terreno, su pendiente topográfica, el grado de consolidación del suelo, fenómenos de geodinámica externa que puedan afectar al pueblo, así como la incidencia de la sismicidad.

Los centros poblados están ordenados en forma alfabética para facilitar su identificación :

## 10.1 Lugar : BARBA BLANCA

Distrito de Santa Eulalia, Provincia Huarochirí, Departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Se encuentra ubicado a 1.5 Km. aguas abajo de Callahuanca a 11°50' 07" de latitud sur, 76°37' 15" de longitud y a 1,600 m.s.n.m. El acceso se realiza por la carretera que va hacia San Pedro, a aproximadamente 9 Km. de Santa Eulalia.

- Morfología : El poblado está acentuado sobre una superficie plana que corresponde a una terraza ubicada en la márgen izquierda del Río Santa Eulalia.

- Roca de Basamento : Son rocas intrusivas (Unidad Litológica V), que pertenecen a la super unidad geológica de Paccho, compuestas por tonalitas y dioritas, fracturadas, diaclasadas y meteorizadas, de edad cretáceo inferior.

- Terreno de Fundación : La terraza está constituida por un material aluvial-coluvial, compuesto por gravas (40%), cantos (20%) y bloques angulosos (15%), de naturaleza intrusiva, con una matriz areno limosa media a gruesa (25%).

- Riesgo Geodinámico : Se presenta erosión de riberas en épocas de crecida, desprendimientos de rocas, sobre las instalaciones de la central hidroeléctrica de Callahuanca (con incentivación sísmica). La quebrada que baja de Callahuanca puede aportar gran cantidad de sedimentos y afectar las instalaciones de la central y al poblado; esta quebrada presenta grandes agrietamientos laterales.

- Recomendaciones : En vista de la importancia de las instalaciones de la central hidroeléctrica, se recomienda un estudio puntual del área. También sería importante controlar la erosión de la quebrada en mención, por intermedio de azudes y drenes de coronación y reforestación.

10.2 Lugar : BELLAVISTA

Distrito de Chicla ; provincia de Huarochirí; departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : El poblado está ubicado a 2 Km. aguas arriba de Chicla, a 11°41' 07" de latitud sur y 76°15' 45" de longitud oeste, y a 3,810 m.s.n.m. El acceso se realiza por la carretera central desde Chicla.

- Morfología : Ubicado en la márgen derecha del río Rímac, al pie de una ladera coluvial con una pendiente promedio de 20°.

- Roca de Basamento : Son rocas volcánico-sedimentarias (sub-unidad litológica $III_B$), compuesta por tobas, areniscas tobáceas y calizas, muy fracturadas.

- Terreno de fundación : El material de cobertura es un suelo constituido por arena media a fina (45%), gravas (35%), y cantos (20%, consolidado con muy baja plasticidad.

- Riesgo Geodinámico : Se presentan desprendimiento de rocas y pequeñas chorreras de lodo por las laderas sobre el pueblo. En épocas de lluvias se producen erosiones en la quebrada Lucma. Hay, igualmente, un riesgo potencial de los relaves acumulados en esta zona.

- Recomendaciones : Se debe proceder a una forestación de las laderas, a un desquinche de las rocas sueltas y hacer un estudio específico de la estabilidad de los depósitos de relaves.

10.3 Lugar : CACACHAQUI

Distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad .- La población está situada a 1 Km. al NE de Matucana, a 2,385 m.s.n.m., sus coordenadas son : 11°50' 00" de Latitud Sur y 76°22' 00" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por la carretera central hasta 1 Km. aguas arriba de Matucana.

- Morfología .- El pueblo se sitúa en una superficie plana que corresponde a una terraza aluvial en la márgen derecha del Río Rímac.

- Roca de Basamento : Corresponde al contacto inferido entre rocas volcá-

nicas andesíticas alteradas y fracturadas (II) y rocas volcánicas sedimentarias tipo derrames andesíticas, limolitas y areniscas tobáceas (III AB), fracturadas y alteradas.

- Terreno de Fundación : La terraza aluvial con depósitos coluviales de recubrimiento, está constituida por gravas (45%), cantos (30%), bloques (2%) redondeados a sub-redondeados, en una matriz arenosa sucia, gruesa a media (23%) consolidadas.

- Riesgo Geodinámico : Se presentan fenómenos de erosiones e inundaciones por acción del Río Rímac en épocas de avenidas y lluvias excepcionales; también hay bloques sueltos que pueden caer sobre las viviendas por incentivación sísmica o por discurrimiento de agua superficial.

- Recomendaciones : Realizar defensas con muros de contención y enrocados en áreas cercanas al lecho del río, así como desquinche de rocas sueltas en los taludes superiores.

10.4 Lugar : CALLAHUANCA

Distrito de Callahuanca, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Callahuanca está situado a 13 Km. al NE de Chosica, a 11°49' 21" de latitud sur y 76°36' 57" de longitud oeste; a 1,761 m.s.n.m. El acceso se realiza por trocha carrozable que parte de Chosica.

- Morfología : El poblado está situado en una planicie elevada de origen coluvial.

- Roca de Basamento : Son rocas intrusivas (Unidad Litológica V), compuestas por dioritas muy fracturadas, diaclasadas y meteorizadas.

- Terreno de Fundación : Material corresponde a una mezcla de gravas (50%) cantos (20%), gravilla (10%) y bloques (5%), de naturaleza intrusiva en una matriz areno-limosa de grano medio a fino (15%).

- Riesgo Geodinámico : Un posible sismo de cierta magnitud puede afectar a las viviendas debido a la mala construcción.

- Recomendaciones .- Mejorar el sistema de construcción de viviendas.

10.5 Lugar : CANCHACALLA

Distrito de Canchacalla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Canchacalla se encuentra ubicado a 20 Km.al-

NE de Chosica, a 11°50' 30" de Latitud Sur, 76°31' 45" de Longitud Oeste y a 2,800 m.s.n.m. El acceso se realiza por una trocha carrozable que sale de la carretera Central a 3.5 Km. aguas arriba de Ricardo Palma.

- Morfología : El pueblo se ubica sobre la márgen derecha del Río Cancha-calla, en el cono de deyección de esta quebrada.

- Roca de Basamento : Las rocas son volcánicas-sedimentarias (Sub-Unidad-$III_{A-B}$) constituidas por andesitas, flujo de brecha, andesitas tufáceas, intercaladas ocasionalmente con sedimentos como areniscas tufáceas; medianamente fracturadas.

- Terrenos de Fundación : La terraza aluvial está cubierta por depósitos proluviales y compuestos por gravas (45%), cantos (40%) y bloques (5%), de naturaleza intrusiva y volcánica, sub-angulosos a sub-redondeados en una matriz areno-limosa gruesa a media (10%); consolidadas.

- Riesgo Geodinámico : En el lado del cementerio se tiene una pequeña cárcava que puede afectar terrenos de cultivo. La carretera a esta zona es constantemente interrumpida por los huaycos.

- Recomendaciones : Construir azudes en el lecho y drenes laterales de derivación para controlar el avance de la cárcava.

10.6 Lugar : CANTO GRANDE

Distrito de San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : El poblado está ubicado aproximadamente a 10 Km. de Plaza de Acho de Lima, a 11°58' 15" de Latitud Sur y 77°00' 15" Longitud Oeste y a 220 m.s.n.m.
El acceso se hace a través del Malecón Checa hacia las urbanizaciones en la quebrada Canto Grande, saliendo de la Plaza de Acho en Lima.

- Morfología : El area corresponde al cono deyectivo de la quebrada Canto Grande, con suave pendiente.

- Roca de Basamento : Son rocas intrusivas (Unidad litológica V) constituidas por granitos y dioritas fracturadas, diaclasadas y meteorizadas.

- Terreno de Fundación : Corresponde a un material aluvial-proluvial; la variedad del suelo en este sector no ha posibilitado dar una descripción más detallada del mismo.

- Riesgo Geodinámico : Existen antiguas evidencias de la llegada de huaycos

a su parte inferior (hoy ocupada por viviendas), y se piensa que podrían repetirse éstos en casos de lluvias excepcionales. Desprendimientos de-rocas en los sectores cercanos a los cerros. Pueden ser afectados por-los huaycos los P.J. Huascar, Mariscal Luzuriaga, Bayobar, Arriba Perú,-Urb. San Rafael, etc.

- Recomendaciones : Construir un eje de drenaje en la quebrada que debe permanecer libre de viviendas; forestación de los taludes.

10.7 Lugar : CARAMPOMA
Distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima,

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad está ubicada a 2 Km. al NW - aproximadamente de la represa de Sheque, a 3,408 m.s.n.m; a los 11°39' - 17" de Latitud Sur y 76°30' 45" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por una trocha carrozable desde la localidad de Chosica, vía Sta. Eula - lia.

- Morfología : En una ladera de suave pendiente, formada por un antiguo-deslizamiento.

- Roca de Basamento : Son rocas volcánicas tipo derrames andesíticos con notorio diaclasamiento y fracturamiento, alteradas, clasificadas como - del grupo litológico II.

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales formados por gravilla-(40%), gravas (20%) y cantos (10%); de naturaleza volcánica, de formas - angulosas a sub-redondeadas; con una matriz arenosa, gruesa a media (30%) consolidados.

- Riesgo Geodinámico : Existen pequeñas reptaciones y asentamientos de-terrenos de cultivo en la parte superior del pueblo. Algunos bloques - sueltos en el cerro Palcahuiro pueden afectar a los terrenos de cultivo cercanos.

- Recomendaciones : Construcción de un buen sistema de drenaje superfi - cial tanto en la parte alta y en la parte baja del pueblo.

10.8 Lugar : CASAPALCA
Distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad .- Casapalca se ubica en las nacientes de la-cuenca, en la márgen izquierda del río Rímac, a 4,143 m.s.n.m. El acce-so se realiza directamente por la carretera central. Tiene las siguien-

tes coordenadas : 11°39' 00" de latitud sur y 76°13' 30" de longitud oeste.

- Morfología : Está emplazada en el borde izquierdo del río Rímac abarcando terrazas y laderas de formas topográficas suaves.

- Roca de Basamento : Son rocas sedimentarias compuestas por areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados, así como también localmente areniscas y limolitas rojizas ($IV_C$).

- Terreno de Fundación .- Corresponden a depósitos coluviales y glaciares sobre depósitos aluviales (gravas 60%, cantos 10%, bloques 5%), de naturaleza volcánica, sub-angulosos a angulosos, en una matriz areno-limosa media a fina; consolidados.

- Riesgo Geodinámico : Posibles erosiones y desbordes del Río Rímac en el sector Este, así como pequeñas chorreras en la parte superior del pueblo.

- Recomendaciones : Colocar defensas ribereñas en el sector Este, como enrocados ya que el material para esta obra abunda en la zona.

10.9 Lugar : CHACLACAYO

Distrito de Chaclacayo, provincia y departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad se encuentra ubicada en la márgen izquierda del río Rímac, a 647 m.s.n.m., con coordenadas : 11°58' 27" de latitud sur y 76°45' 48" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central, estando esta localidad 6 Km. antes de Chosica.

- Morfología : El área corresponde a un abanico proluvial-fluvial, cerca al cono de deyección de la quebrada Los Condores.

- Riesgo Geodinámico : Se pueden presentar huaycos excepcionales en las quebradas Los Condores, El Cuadro y otras; desprendimientos de rocas por incentivación sísmica. El 24/2/85 se activo la quebrada Los Condores (huayco), afectando a varios pueblos jóvenes, siendo el más afectado el P.J. 8 de Octubre.

- Recomendaciones : Encausamiento y muros de contención en la quebrada Los Condores, desquinche de los bloques sueltos. Tratar en lo posible de evitar la proliferación de viviendas en el cauce de la quebrada.

10.10 Lugar : CHACLLA

Distrito de San Antonio, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Chaclla se encuentra situada aproximadamente a 20 Km. al NNE de Chosica, a 3,438 m.s.n.m.: con coordenadas de 11°44' 24" de Latitud Sur y 76°38' 53" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por una

trocha carrozable que parte de la localidad de Autisha, entrando desde - Chosica por la carretera que va a Sta. Eulalia.

- Morfología : El área corresponde a una ladera natural de suave pendiente, en la márgen derecha de la quebrada Mito.

- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias, compuestas por areniscas, derrames andesíticos y conglomerados, Grupo Litológico $III_C$.

- Terreno de Fundación : El suelo es residual de poca potencia, compuesto por arenas limosas medias a finas (70%), gravas (18%), gravilla (10%) y algunos bloques (2%), de consistencia media. El 70% del pueblo está - sobre roca.

- Riesgo Geodinámico : Debido a la mala construcción de las viviendas, - estas podrían sufrir daños por sismos.

- Recomendaciones : Emplear una buena metodología para la construcción- de viviendas.

10.11 Lugar : CHICLA

Distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Chicla se encuentra ubicada a 13 Km. aguas abajo de Casapalca, a 3,793 m.s.n.m.; en las coordenadas 11°42' 09" de - Latitud Sur y 76°16' 00" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por la carretera central.

- Morfología : El área es una antigua terraza fluvial del río Rímac a ambas márgenes de éste.

- Roca de Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias compuestas por areniscas tobáceas y calizas, Grupo litológico $III_B$.

- Terreno de Fundación : El suelo está compuesto por gravas (45%), gravilla (25%), cantos (15%) y bloques (5%); sub-angulosos a redondeados, de- naturaleza volcánica, en una matriz de arena gruesa a media (10%): consolidados.

- Riesgo Geodinámico : Posibles desbordes en épocas de fuertes avenidas, principalmente en zonas donde la protección ribereña es deficiente. Algunos desprendimientos de rocas en la parte Este del pueblo.

- Recomendaciones : Protección y encausamiento en las márgenes del río,- especialmente en las zonas críticas. Desquinche de los materiales sueltos en los taludes.

10.12 Lugar : CHOSICA

Distrito de San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Se ubica a 40 Km. de la ciudad de LIma,- a una altura de 816 m.s.n.m.; en las coordenadas 11°56' 00" de Latitud Sur y 76°42' 04" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por la carretera central.

- Morfología : Chosica está emplazada en las terrazas aluviales del río Rímac, principalmente en su márgen derecha.
En los últimos 30 años y mediante las llamadas "invasiones" se han instalado en las faldas de numerosos cerros aledaños, en el cono deyectivo de muchas quebradas próximas a la ciudad o en el mismo lecho del - río Rímac, asentamientos urbanos en precaria situación, de vivienda y- seguridad.

- Basamento : Son rocas intrusivas dioritas y tonalitas muy diaclasadas y alteradas (disyucción esferoidal); Grupo litológico $V_{Tdi}$.

- Terreno de Fundación : En la localidad de Chosica, se encontró el siguiente perfil :

  - Aluvial : cantos (65%), gravas (15%), sub-redondeados a redondeados, en una matriz de arena limosa media a fina (20%), poco consolidada; esta secuencia tiene 1.50 m; inferior a ésta, encontramos :

  - Arena Sucia fina (95%), gravilla (5%), sub-redondeada a sub-angulosa, húmeda, medianamente compacta, (1 m. de potencia).

- Riesgo Geodinámico : Existe erosión fluvial e inundaciones en los - sectores cercanos a las márgenes del Río Rímac en épocas de crecida y lluvias excepcionales, comprometiendo las debiles defensas existentes, así como las precarias viviendas cercanas,
Los huaycos también han afectado a Chosica (Qda, Cashahuacra-1983); así como también a los diferentes pueblos jóvenes asentados en el área, Las quebradas con huaycos potenciales son : Pedregal, La Ronda, La Cantuta, California (huayco en 1964), Qda. Los Condores, San Antonio - (1970-1976). Estos problemas se originan periódicamente y en épocas - de precipitaciones pluviales excepcionales en la costa, debido a que - los huaycos no siguen un curso regular de drenaje, favorecidos por la construcción de las viviendas en los conos deyectivos de las quebradas. Debido al proceso de intemperismo las rocas graníticas en los taludes- forman grandes bloques (disyunción esferoidal), que de precipitarse - desde las partes altas por efectos de los sismos o agua superficial, -

podrían destruir las viviendas ubicadas en la partes bajas.

- Recomendaciones : Hacer un estudio especial en el área de Chosica y áreas cercanas. De manera preventiva se recomienda evitar en lo posible la tugurización y construcción de viviendas en las márgenes del río, así como también en los conos deyectivos de las quebradas circundantes a Chosica. Es importante también desquinchar o fijar los bloquea sueltos.

10.13 Lugar : COCACHACRA

Distrito de Cocachacra, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad se halla ubicada a 15 Km. al Este de Chosica, en los 11°54' 33" de Latitud Sur y los 76°32' 17" de longitud Oeste, a 1,426 m.s.n.m. El acceso se realiza por la carretera-central.

- Morfología : El área del poblado situada en la márgen izquierda del Río Rímac, sobre una terraza aluvial, cubierta por depósitos coluviales, tiene pendiente suave.

- Roca de Basamento : Son rocas volcánicas (Unidad litológica II), formadas principalmente por derrames andesíticos y en menor escala basaltos, tobas, tufos lapillíticos, aglomerados y brechas volcánicas, diaclasadas y fracturados.

- Terreno de Fundación : El material aluvial está compuesto por arena limo-arcillosa (80%) y gravas angulosas a sub-angulosas (20%); secas, duras y medianamente plásticas.

- Riesgo Geodinámico : Las áreas cercanas al Río Rímac pueden sufrir erosiones e inundaciones en épocas de crecida o períodos de precipitaciones excepcionales.

- Recomendaciones : Colocar defensas ribereñas como gabiones ó enrocados para proteger los terrenos de cultivo.

10.14 Lugar : CUMBE

Distrito de Canchacalla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Este pueblo se encuentra situado a 14 Km. al Este de Chosica, entrando por una trocha carrozable por la quebrada Canchacalla. Se encuentra a 1,670 m.s.n.m., a 11°53' 15" de Latitud Sur y 76°32' 30" de Longitud Oeste.

- Morfología : Se encuentra asentado en el cono de deyección de dos quebradas (Molle y SN), en una ladera de suave pendiente.

- Basamento : Son rocas intrusivas tonalitas y dioritas muy diaclasadas-

y alteradas. Grupo litológico $V_{Tdi}$.

- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales-coluviales formados por gravas (50%), cantos (15%), bloques (5%), de naturaleza intrusiva, angulosos, en una matriz areno-limosa de grano medio a grueso (30%), consolidado.
- Riesgo Geodinámico : Posible ocurrencia de huaycos por la quebrada Molle en épocas de lluvias excepcionales; pequeñas chorreras en los taludes superiores, así como desprendimientos de rocas.
- Recomendaciones : En lo posible, proteger los terrenos cercanos a la quebrada Molle, con forestación y enrocados, así como también colocar azudes en esta quebrada para controlar la evolución de ésta.

10.15 Lugar : HUANZA

Distrito de Huanza, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Huanza se encuentra ubicado a 3,408 m.s.n.m. en la márgen derecha del río Acobamba, en las cercanías de la Presa de Sheque. Sus coordenadas son, 11°39' 09" de Latitud Sur y 76°30' 53" de Longitud Oeste. El acceso se realiza por la carretera central hasta la localidad de Chosica, tomando luego la vía a Sta. Eulalia, hasta Sheque donde se encuentra el desvío a esta localidad.
- Morfología : Huanza se encuentra situada en una ladera de suave pendiente, sobre materiales coluviales.
- Basamento : Son rocas volcánicas formadas por derrames andesíticos, diaclasadas, fracturadas y alteradas. Grupo Litológico II.
- Terreno de Fundación : El pueblo está asentado sobre roca y en parte sobre material coluvial-residual constituido por gravas (50%), bloques (10%) cantos (10%) angulosos a sub-angulosos, de naturaleza volcánica, en una matriz areno-limosa, fina a media (30%), suelta.
- Riesgo Geodinámico : Pueden producirse algunos desprendimientos de rocas sueltas por incentivación sísmica o agua superficial en épocas de precipitaciones excepcionales. El talud inferior (por donde sube la carretera), presenta continuos derrumbes; mala construcción de viviendas.
- Recomendaciones : Hacer un desquinche del material suelto en las laderas y una reforestación. Hacer obras de contención en la vía de acceso.

10.16 Lugar : HUARIQUIÑA

Distrito Matucana, provincia de Huarochirí, departamento de LIma.

- Ubicación y Accesibilidad : Este pueblo está ubicado a 2 Km. aguas abajo de Matucana, a 2,350 m.s.n.m., con coordenadas 11°51' 00" de latitud sur y 76°23' 30" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central.

- Morfología : El área corresponde a un pequeño cono de deyección colgado, en la margen izquierda del Río Rímac.

- Basamento : Son rocas intrusivas (tonalitas y granodioritas) muy fracturadas, diaclasadas y alteradas, se les clasifica dentro del grupo litológico $V_{Tgd}$.

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales-proluviales : gravas (60%), cantos (10%), bloques (5%); de naturaleza volcánica, angulosos a-sub-angulosos, en una matriz de arena gruesa a media, limosa, algo plástica (25%). Son depósitos consolidados y secos.

- Riesgo Geodinámico : Pequeños flujos y chorreras en las laderas del talud superior. Pequeños desprendimientos de rocas en la parte Este del pueblo, pueden afectar terrenos de cultivos.

- Recomendaciones : Desquinche de los bloques sueltos, forestación de las laderas.

10.17 Lugar : HUINCO
Distrito de Casta, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad se encuentra ubicada a 20 Km. al NE de Chosica, a 1,850 m.s.n.m., con coordenadas 11°45' 30" de latitud sur y 76° 23' 30" de longitud oeste. El acceso se realiza por la vía que recorre la cuenca del Río Santa Eulalia, tomando el desvío, a 500 m. aguas arriba de Chosica.

- Morfología : El área es una terraza aluvial de suave pendiente en márgen derecha del Río Santa Eulalia.

- Basamento : Son rocas intrusivas (granodiorita, tonalitas), diaclasadas y alteradas, del grupo litológico $V_{Tgdi}$.

- Terreno de Fundación : Depósitos aluviales : gravas (35%), cantos (25%) gravilla (15%), bloques (2%), de sub-redondeados a redondeados, de naturaleza intrusiva, en una matriz de arena sucia media a gruesa (23%); semi consolidados.

- Riesgo Geodinámico : El campamento de Electro Lima está expuesto a desprendimientos de rocas y bloques sueltos. En Huinco pueblo, a desprendimiento de rocas y bloques sueltos, en menor proporción depósitos de escombreras pueden resbalar con agua superficial al sur del pueblo. En épocas de fuertes precipitaciones se pueden producir huaycos, uno entre el campamento y el pueblo y el otro al frente (márgen izquierda), que pueden comprometer al pueblo y a las instalaciones de la Central hidroeléctrica.

- Recomendaciones : Peinado de los taludes, forestación en zonas de escombreras o canchales; canalizar zonas de flujos.

10.18 Lugar : LARAOS

Distrito de Laraos, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Se encuentra ubicado a 3,660 m.s.n.m., en la margen derecha del río Sta. Eulalia; a 32 Km. al NE de Chosica. Sus coordenadas son : 11°39' 42" de latitud sur y 76°32' 18" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central, a la altura de Chosica se toma el desvío a Sta. Eulalia (trocha carrozable) y de allí hasta la localidad de Sheque donde se toma el desvío hacia Carampoma y Laraos.

- Morfología : El poblado se encuentra sobre una planicie formada, al parecer, por un antiguo deslizamiento.

- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias, formadas por derrames andesíticos, conglomerados volcánicos, limolitas y areniscas, con tobas, areniscas tobáceas y calizas medianamente fracturadas ($III_{AB}$).

- Terreno de Fundación : El suelo está formado por gravilla (30%), grava (20%), cantos (10%), bloques (5%), angulosos a sub-redondeados, de naturaleza volcánica, en una matriz de arena gruesa a media, sucia (35%), poco consolidada.

- Riesgo Geodinámico : El terreno es estable, pueden presentarse algunos desprendimientos de roca con incentivación sísmica y agua superficial, hay pequeñas chorreras.

10.19 Lugar : MATUCANA

Distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Matucana está ubicada a 2,378 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Rímac, a 36 Km. al NE de Chosica; en las coordenadas 11°50' 30" de latitud sur y 76°23' 06" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central (Km. 75).

- Morfología : El poblado está situado en pleno valle del río Rímac, en una terraza baja, que en la actualidad está por debajo del cauce normal del río.

- Basamento : Son rocas volcánicas (derrames andesíticos, basaltos), por sectores con notorio diaclasamiento y fracturación que favorecen a la meteorización y erosión. Estan dentro del Grupo Litológico II.

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales y proluviales, sobre depósitos fluviales y aluviales. Una constitución porcentual es la siguiente : Gravilla (35%), gravas (20%), cantos (10%), bloques (2%); son clas

tos sub-angulosos a redondeados, en una matriz de arena limosa gruesa a - fina (33%), húmeda, medianamente consolidada. Esta característica varía- a limo-arcilloso con gravas y bloques de roca, en áreas más afectadas por huaycos.

- Riesgo Geodinámico : Las condiciones de seguridad de esta ciudad fueron y son muy precarias desde tiempos inmemoriales, habiendo experimentado i- nundaciones, huaycos y erosiones, que la destruyeron en varias ocasiones: 13/2/1959 (huayco qda. Llanahualla), 17/3/1969 (huayco de la qda. Chaucamayo), marzo 1983 (huayco qda. Llanahualla).
  El área urbana de Matucana se encuentra delimitada por la desembocadura - de 2 importantes quebradas : Llanahualla, que es la de mayor desarrollo, desemboca en la márgen derecha del río Rímac a 300 m. aguas arriba de la- ciudad, tiene una longitud de 8 Kms.; en esta quebrada se está formando - un activo proceso de erosión, manifestandose en forma de derrumbes, grietas y cárcavas. La segunda quebrada que delimita a Matucana por su extremo inferior (SW) es la de Chucumayo (Olivos), que se origina al Este de - la ciudad.
  El río Rímac en épocas de avenida y de lluvias excepcionales, carga mucho material, el cual eleva el nivel de las aguas, hasta en 1 m. a 1.5 m. sobre el nivel de la ciudad, lo que provoca que constantemente se produzcan inundaciones del poblado.
  Sobre la plaza de Toros se nota la reactivación de un derrumbe, que afecta a ésta y a las casas cercanas.

- Recomendaciones : Dada la inestabilidad de la ciudad, el volúmen poblacional y su incidencia económica, es necesario hacer un estudio geodinámico y geotécnico puntual, con urgencia.

10.20 Lugar : PALLE NUEVO

Distrito de Callahuanca, provincia Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Palle Nuevo se encuentra a 1 Km. al norte - de San José de Palle y a 8 Km. al N-E de Chosica, a 1,300 m.s.n.m., con - coordenadas 11°51' 30" de latitud sur y 76°38' 45" de longitud oeste.

- Morfología : Se ubica sobre el cono de deyección de la qda. Pampa Redonda, de suave pendiente.

- Basamento : Son rocas intrusivas, tonalitas y dioritas alteradas y fracturadas; grupo litológico $V_{Tdi}$.

- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales-aluviales constituidos por bloques (20%), angulosos, con diámetros hasta de 1.5 m. cantos (15%), gravas (20%), angulosos a sub-angulosos, de naturaleza intrusiva; con una matriz de arena limosa gruesa a media (45%), consolidada.

- Riesgo Geodinámico : Por la dinámica de la quebrada Redonda, Palle Nuevo no está comprometido en su seguridad salvo lluvias muy excepcionales - que pueden originar huaycos. Pequeñas chorreras se presentan al norte - del Pueblo. Los terrenos cercanos a la ribera del río Sta. Eulalia pue - den ser afectados por huaycos y erosiones.

- Recomendaciones : Proteger las márgenes del río Sta. Eulalia.

10.21 Lugar : PAYHUA

Distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : El poblado se encuentra ubicado a 2.5 Km. - al NW de la ciudad de Matucana, a 3,400 m.s.n.m., en la margen derecha de la quebrada Llanahualla. El acceso se realiza por una trocha carrozable- que parte a 500 m. aguas abajo de Matucana, (desde la carretera central). Las coordenadas de esta localidad son : 11°14' 15" de latitud sur y 76° - 23' 00" de longitud oeste.

- Morfología : El área del poblado es una ladera natural de pendiente media (30°).

- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias tipo derrames andesíti - cos, limolitas, areniscas, intercaladas con lutitas (Grupo litológico III AB).

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales : gravilla (35%), - gravas (30%), cantos (20%), bloques (5%), angulosos a sub-angulosos, de - naturaleza volcánica y sedimentaria, en una matriz arenosa gruesa a fina, poco consolidada (10%)

- Riesgo Geodinámico : Hay presencia de chorreras y flujos que inciden sobre el pueblo (cerca a la escuela y cancha de fulbito); posibles derrum - bes de canchales por acción de agua superficial (lluvias excepcionales);- algunos desprendimientos de rocas. Debido a la mala construcción de las- viviendas, éstas pueden ser muy afectadas en caso de un sismo. La quebrada Llanahualla, aguas arriba de Payhua, esta muy inestable, presenta a - grietamiento y derrumbes.

- Recomendaciones : Eliminar el desmonte de los canchales que estan sobre el pueblo, reforestar esta ladera, proteger la escuela con muros de defensa y colocar azudes en esta chorrera.

10.22 Lugar : SAN ANTONIO DE CUMPE

Distrito de Callahuanca, provincia Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad se encuentra ubicada a 18 Km. al NE de Chosica, está a 1,650 m.s.n.m., con coordenadas 11°46' 30" de latitud sur y 76°37' 00" de longitud oeste. El acceso se realiza por la -

vía a Sta. Eulalia, que parte de Chosica, hasta Huinco y de este lugar por una trocha carrozable.

- Morfología : El area es un cono de deyección de la quebrada San Antonio.
- Basamento : Son rocas intrusivas tipo tonalitas y dioritas. Grupo Litológico $V_{Tdi}$.
- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales-coluviales que tienen - 60% gravas, 15% de cantos, 10% de bloques,; angulosos a sub-angulosos, - clastos alterados de naturaleza volcánica e intrusiva; con una matriz arena-limosa gruesa a media (15%), medianamente consolidada.
- Riesgo Geodinámico : Hay presencia de cárcavas en el talud inferior, viviendas mal construidas y pequeños desprendimientos de rocas.
- Recomendaciones : Evitar las construcciones al borde del talud inferior y mejorar el sistema constructivo de viviendas.

10.23 Lugar : SAN BARTOLOME

Distrito de San Bartolomé, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad está ubicada a 17 Km. al Este de Chosica, a 1,600 m.s.n.m., en la márgen izquierda de la quebrada Río Seco, con coordenadas 11°54' 34" de latitud sur y 76°31' 33" de longitud oeste. El acceso se realiza por una trocha carrozable que parte de la carretera central a 6 Km. aguas arriba de Cocachacra.
- Morfología : El área es una ladera natural de suave pendiente, la parte-baja del pueblo está sobre la terraza aluvial del Río Seco.
- Basamento : Son rocas volcánicas tipo derrames andesíticos del grupo - litológico II.
- Terreno de Fundación : Los depósitos coluviales y residuales son de poca potencia (50 cm. máximo), compuestos de gravilla (40%), grava (20%), y arena sucia gruesa a media (40%); poco consolidada.
- Riesgo Geodinámico : La parte baja del pueblo está amenazada por huaycos y erosiones por acción del Río Seco. Hay mala construcción de viviendas,- pueden sufrir daños con una incentivación sísmica.
- Recomendaciones : Proyectar defensas en la quebrada del Río Seco: hacer-estudios para proyectar en definitiva el acceso al pueblo (en épocas de - lluvias excepcionales este acceso es destruido por el huayco).
  Mejorar el aspecto constructivo de las viviendas.

10.24 Lugar : SAN JERONIMO DE PUNAN

Distrito de Callahuanca, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta población se encuentra situada a 13.5 Km. al NE de Chosica, en la margen derecha del río Sta. Eulalia, a 1,600-m.s.n.m., con coordenadas, 11°48' 15" de latitud sur y 76°37' 30" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central, hasta Chosica, tomando el desvío a Sta. Eulalia, hasta el segundo desvío a Callahuanca (Bellavista).

- Morfología : El área es un cono de deyección de la quebrada Lucma, de - suave pendiente.

- Basamento : Son rocas intrusivas (dioritas) del grupo litológico $II_{Tdi}$.

- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales-aluviales, constitui - dos por gravas (30%), cantos (15%) en una matriz arena limosa (55%); me - dianamente consolidada.

- Riesgo Geodinámico : La erosión del Río Santa Eulalia pueden afectar - terrenos de cultivo en épocas de lluvias excepcionales, así como también- la reactivación de la quebrada Lucma (huayco), que puede afectar al pobla do.

- Recomendaciones : Encausar y canalizar la quebrada Lucma.

10.25 Lugar : SAN JOSE DE PALLE

Distrito de Callahuanca, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad está situada a 7.5 Km. al NE de Chosica, en la margen derecha del río Sta. Eulalia y margen derecha de la quebrada Pampa Redonda; a 1215 m.s.n.m., con coordenadas : 11°51' 45"- de latitud sur y 76°38' 37" de longitud oeste. El acceso se realiza por- la carretera central, hasta Chosica, de donde se sigue un desvío hacia el NE por el valle de Sta. Eulalia.

- Morfología : El área es el cono de deyección de la quebrada Pampa Redon da, pegada a la ladera derecha.

- Basamento : Son rocas intrusivas (dioritas-tonalitas), del grupo litoló gico ($V_{Td_i}$)

- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales provenientes de huay - cos con bloques (30%), cantos (30%), gravas (15%); angulosos a sub-angulo sos, de naturaleza intrusiva, en una matriz arenosa de grano grueso a me- dio (25%). Compacto.

- Riesgo Geodinámico : Hay ocurrencia de huaycos por la quebrada Pampa Re donda en época de lluvias excepcionales, que compromete la seguridad de - esta localidad, como el huayco que se produjo el 1°de Abril 1983.

- Recomendaciones : Reubicar al poblado en Palle Nuevo, haciendo los estu dios pertinentes en forma previa.

10,26 Lugar : SAN JOSE DE PARAC

Distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Este pueblo está localizado a 6.5 Km. al SE- de San Mateo, en la margen izquierda de la quebrada Parac, a 3,800 m.s.n.m con coordenadas 11°48' 00" de latitud sur y 76°15' 00" de longitud oeste.- El acceso se realiza por la carretera central hasta la localidad de San Mateo, de donde parte una trocha carrozable, hacia las minas Millotingo y Pacococha.

- Morfología : El área corresponde a una ladera coluvial de suave pendiente.

- Basamento : Son rocas volcánicas, derrames andesíticos principalmente, - del Grupo (II).

- Terreno de Fundación : Está constituido por gravas (15%), gravilla (15%) cantos (10%), con una matriz areno-limosa, gruesa a media, seca, poco plástica (60%); medianamente compacta.

- Riesgo Geodinámico : Hay pequeños derrumbes en el talud inferior, de una pequeña quebrada al sur del pueblo, que en época de lluvia puede ocasionar problemas.

- Recomendaciones : Reforestación y encausamiento de la pequeña quebrada.

10,27 Lugar : SAN JUAN DE IRIS

Distrito de San Juan de Iris, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad está ubicada a 32 Km. al NE- de Chosica, a 3,400 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Sta. Eulalia con coordenadas : 11°40' 48" de latitud sur y 76°31' 24" de longitud oeste. El acceso se hace por la carretera central hasta Chosica y de allí por el- desvío a Sta. Eulalia hasta, aproximadamente, 3.5 Km. antes de Sheque, donde sale la trocha carrozable a este pueblo.

- Morfología : El área corresponde a una ladera de aproximadamente 20°de - pendiente, sobre un antiguo cono de deyección.

- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias formadas por derrames andesíticos, limolitas y areniscas intercaladas con calizas margosas, lutitas y andesítas ($III_{AB}$).

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales, gravas (25%), gravilla- (15%), cantos (10%), bloques (10%), en una matriz areno-arcillosa fina a - media, medianamente plástica (40%). Los clastos son de angulosos a sub-redondeados, de naturaleza volcánica.

- Riesgo Geodinámico : Hay pequeñas erosiones laminares por acción de las aguas superficiales. En general es estable la seguridad del poblado.

10.28 Lugar : SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA

Distrito de Huachupampa, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad se encuentra ubicada a 25 Km. al NE de Chosica, a 2,920 m.s.n.m., con coordenadas 11°43' 04" de latitud sur y 76°35' 09" de longitud oeste. El acceso se realiza por la vía que recorre el Río Sta. Eulalia.
- Morfología : El área es una ladera coluvial colgada, con una pendiente de 25°.
- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias : Derrames andesíticos, calizas, metavolcánicos y lodolitas ($III_E$).
- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales con gravas (50%), cantos (15%), gravilla (10%), bloques (5%), de naturaleza intrusiva a volcánica, angulosas, en una matriz areno limosa, gruesa a fina (20%). Medianamente consolidadas.
- Riesgo Geodinámico : Hay desprendimientos de rocas al SE del pueblo, sobre el cementerio y sectores adyacentes. Hay sectores con erosión laminar, producida por agua de lluvias.
- Recomendaciones : Reforestar los taludes que presentan problemas.

10.29 Lugar : SAN MATEO

Distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Esta localidad está ubicada a 13 Km. al NE de Matucana, en las márgenes derecha e izquierda del río Rímac, a 3,149 m.s.n.m., con coordenadas : 11°45' 16" de latitud sur y 76°17' 54" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central.
- Morfología : El área corresponde al valle del río Rímac, sobre una terraza aluvial en ambos flancos del río.
- Basamento : Son rocas volcánicas tipo derrames andesíticos (II).
- Terreno de Fundación : Son depósitos aluviales cubiertos por depósitos coluviales de poca potencia, constituidos por gravilla (40%), gravas (30%) cantos (10%), escasos bloques, los clastos son angulosos a sub-angulosos, de naturaleza volcánica, en una matriz arenosa, algo limosa, seca, media a gruesa, medianamente consolidada (20%).
- Riesgo Geodinámico : Hay inundaciones y erosiones por el río Rímac. Al NE del pueblo el río puede erosionar e inundar las áreas adyacentes de San Mateo de Huanchoc. Hay áreas con probables desprendimientos de roca-

en ambos flancos del valle. Presencia de chorreras también en ambos flancos, que en épocas de fuertes lluvias pueden activarse y afectar al pueblo.

- Recomendaciones : Replantear las defensas ribereñas, proyectar muros de contención y enrocados al NE del pueblo, limpieza constante del cauce; reforestar y desquinchar los taludes.

10.30 Lugar : SAN MIGUEL DE VISO

Distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Este pueblo está situado a 8 Km. al NE de Matucana, a 3,200 m.s.n.m., en la márgen derecha de la quebrada Mayo; con coordenadas : 11°47' 30" de latitud sur y 76°19' 30" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central, tomando una trocha carrozable que parte de Tambo de Viso.
- Morfología : El área corresponde al cono de deyección de una quebrada de corto recorrido.
- Basamento : Son rocas volcánicas (derrames andesíticos) muy fracturadas-Grupo (II).
- Terreno de Fundación : Es un conglomerado constituido por gravilla (40%) gravas (10%), algunos cantos; en una matriz arenosa media a gruesa, seca - algo limosa, consolidada (50%).
- Riesgo Geodinámico : Se observa una mala construcción de las viviendas - que tendran posibles daños por sismos; pequeños derrumbes en el talud inferior del pueblo.
  La localidad de Tambo de Viso (entrada para San Miguel) puede ser afectada por los huaycos.
- Recomendaciones : Mejorar el sistema constructivo de las viviendas, colocar defensas y enrocados en Tambo de Viso.

10.31 Lugar : SAN PEDRO DE CASTA

Distrito de Casta, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : El pueblo está ubicado a 20,5 Km. al NE de - Chosica, a 3,180 m.s.n.m., en la márgen izquierda del río Carhuayuma, con- coordenadas : 11°45' 18" de latitud sur y 76°35' 39" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera a Sta. Eulalia, tomando el desvío a la- derecha en Autisha.
- Morfología : El área está enclavada en una pequeña abra y ladera natural de pendiente moderada.
- Basamento : Son rocas volcánico-sedimentarias : conglomerados volcáni - cos, derrames andesíticos y lutitas calcáreos. Grupo ($III_{AB}$).

- Terreno de Fundación : Son acumulaciones de depósitos coluviales sobre depósitos residuales, constituidos por arena sucia, gruesa a media (50%), gravas (25%), cantos (10%), bloques rodados (15%); sub-angulosos a sub - redondeados, de naturaleza intrusiva con una potencia hasta de 0,50 m.

- Riesgo Geodinámico : Debido a la mala construcción de las viviendas,- pueden ser afectadas por sismos.

- Recomendaciones : Mejorar el aspecto constructivo de las viviendas.

10.32 Lugar : SANTA EULALIA

Distrito de Sta. Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : El pueblo está situado a 3 Km. al NE de - Chosica en la márgen derecha del río Sta. Eulalia, a 1,036 m.s.n.m., con coordenadas : 11°53' 50" de latitud sur y 76°39' 48" de longitud oeste. El acceso se realiza por la carretera central hasta Chosica, de este lugar se toma la carretera troncal que recorre todo el valle del río Sta. Eulalia.

- Morfología : El área corresponde a una terraza aluvial, con conos coluviales por sectores con poca pendiente.

- Basamento : Son rocas intrusivas, tipo dioritas, muy alteradas y fracturadas; grupo litológico $V_{Tdi}$.

- Terreno de Fundación : Está constituido por arena limosa, fina a media poco plástica (85%), y gravas (15%); compacto.

- Riesgo Geodinámico : En épocas de avenidas el Río Santa Eulalia provoca erosiones de ribera e inundaciones, que pueden ser muy destructivos - en épocas de fuertes precipitaciones, afectando principalmente la parte-norte del pueblo. Se pueden presentar desprendimientos de rocas (por insentivación sísmica) al oeste del pueblo, que afectarían terrenos de cultivos y torres de alta tensión situados en sus laderas.

- Recomendaciones : Proteger con espigmes y gabiones las riberas del río especialmente en la parte Norte; desquinchar el material y rocas suel - tas en laderas del lado oeste del pueblo. Reforzar las defensas de las-torres de alta tensión.

10.33 Lugar : SURCO

Distrito de Surco, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Surco está ubicado a 27 Km. al Este de Chosica, en la márgen izquierda del río Rímac, a 2,018 m.s.n.m., con coordenadas : 11°52' 51" de latitud sur y 76°26' 21" de longitud oeste. Su acceso es por la carretera central.

- Morfología : Corresponde al cono de deyección de la quebrada Cuchimachay en su borde derecho.

- Basamento : Son rocas intrusivas (tonalitas, granodioritas), alteradas y fracturadas del grupo litológico $V_{gd}$.

- Terreno de Fundación : Son depósitos proluviales, constituidos por gravas (35%), cantos (20%), gravilla (15%), bloques (10%), sub-angulosos a sub-redondeados, de naturaleza volcánica, en una matriz areno-limosa gruesa a media seca (20%), medianamente consolidada.

- Riesgo Geodinámico : Con lluvias excepcionales se puede activar la quebrada Cuchimachay formándose huaycos que pueden afectar la parte norte del pueblo, la linea del ferrocarril, la carretera central y el local escolar. También la quebrada Malala puede traer huaycos que afectarían el sector sur del pueblo (especialmente tierras de cultivo). La erosión del Río Rímac puede afectar la parte norte del pueblo (cementerio y áreas cercanas), así como también a la línea férrea que pasa al pie del pueblo.

- Recomendaciones : Proyectar presas reguladoras y alcantarillado, así como defensas y encausamiento en la quebrada de Cuchimachay y Malala, colocar enrocados y defensas ribereñas en las áreas afectadas por la erosión del río Rímac. Todo ello debe ser consecuencia de un estudio detallado que deba realizarse.

10.34 Lugar : VICAS

Distrito de San Antonio, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

- Ubicación y Accesibilidad : Vicas está situado a 25 Km. al NNE de Chosica, en la márgen derecha de la quebrada Marca-Puquio, márgen derecha del Río Sta. Eulalia, a 2,600 m.s.n.m., con coordenadas : 11°42' 15" latitud sur y 76°35' 15" de longitud oeste.

- Morfología : El área corresponde a una terraza coluvial-proluvial "colgada", de pendiente moderada.

- Basamento : Son rocas volcánicas sedimentarias : derrames andesíticos, conglomerados volcánicos, tobas y calizas. Grupo ($III_{AB}$).

- Terreno de Fundación : Son depósitos coluviales-proluviales constituidos por gravas (50%), cantos (20%), bloques (10%), sub-angulosos a angulosos, de naturaleza intrusiva, en una matriz de arena sucia, de grano-medio a fino (20%; consolidados.

- Riesgo Geodinámico : Hay presencia de canchales en la ladera superior, chorreras activas que pueden afectar a la escuela y posta médica, así como también a la toma de agua potable; estas chorreras, pueden reactivar-

se con agua superficial arrastrando los materiales sueltos de la ladera - (canchales). Presencia de algunos bloques sueltos, que pueden caerse con insentivación sísmica. Mala construcción de las viviendas. Cárcavas y - pequeños derrumbes en el talud inferior. Presencia de cárcavas en la que brada Marca-Puquio.

- Recomendaciones : Desquinche de áreas críticas y construcción de drenes laterales en el talud superior. Implementar un buen sistema de riego y - forestación para proteger el talud inferior. Mejorar el sistema de construcción de viviendas y obras.

10.35 OTROS POBLADOS

El Cuadro N°10, adjunto, resume el estado de seguridad física que presentan otros centros poblados, como son Carulla, Collana, Corcona, Cupiche, Huampaní, Ñaña, los pueblos jóvenes de Mariscal Castilla, Nicolas de Piérola, Piedra Grande, Pedregal, Señor de los Milagros y Velasco Alvarado; Ricardo Palma y Santa María.

ANEXOS DE ESTE CAPITULO

- Cuadro N°10 : Resumen de otros centros poblados.

## C U A D R O  N° 10

10,35 **RESUMEN DE OTROS CENTROS POBLADOS DEL VALLE DEL RIO RIMAC**

| POBLADO | UBICACION | TERRENO DE FUNDACION | RIESGO GEODINAMICO | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|---|---|
| Carulla | Margen izq. del río Blanco, a 5 Km. NE de San Mateo, 3,620 m.s.n.m. | Depósitos aluviales. | Inundaciones y erosiones por acción del río Blanco, en ambas márgenes. | Proyectar muros de encausamiento y enrocados. |
| Collana | Margen derecha qda.Palcacancha, a 3 Kms. al oeste de Matucana y a 2650 m.s.n.m. | Terrenos coluviales. | Erosión por acción de la qda. en la parte baja del pueblo. El acceso está interrumpido por huaycos y derrumbes de los taludes de la carretera. | Proyectar defensas contra la erosión en la parte baja del pueblo.- Dar la pendiente adecuada a los taludes de la trocha. |
| Corcona | Margen izquierda del río Rímac a 9.5 Km. al Este de Chosica y a 1,195 m.s.n.m. | Terrenos fluviales | Inundaciones y erosiones del río Rímac (épocas de crecida); desprendimiento de rocas. Peligra la estación de Peaje y el puesto policial. | Levantar la razante de la carretera central. Erradicar el peaje y el puesto policial. |
| Cupiche | Margen izq.del río Rímac, a 7.5 Km. al Este de Chosica y a 1200 m.s.n.m. | Terrenos aluviales compactos. | Huaycos en casos de lluvias excepcionales por la qda. Cupiche. | Encausamiento de la qda.y alcantarillado en la carretera. |
| Huampaní | Margen der.del río Rímac, frente a Chaclacayo, y a 680 m.s.n.m. | Material aluvial y fluvial. | Erosiones y desbordamientos en épocas de crecida y lluvias excepcionales. | Colocar defensas en esta zona mediante enrocados. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ÑAÑA | Margen izq.del río Rímac, a 4 Km, aguas abajo de Chaclacayo y a - 620 m.s.n.m. | Depósitos fluviales | Erosiones e inundaciones producido por el río Rímac en épocas de crecida, Peligro en ciernes sobre viviendas levantadas al - borde izq. del río. | Erradicación total de - las viviendas del borde izquierdo, aguas abajo - del puente, Reforzar con enrocados los demás sectores. |
| P.J.Mariscal-Castilla. | Margen izq.del río Rímac frente a Chosica, a 880 m.s.n.m. Cono de deyección de qda. Mariscal Castilla. | Depósitos proluviales sobre depósitos aluviales. | Flujos hídricos en épocas de - precipitaciones excepcionales,- desprendimientos de rocas por - movimiento sísmico. | Desquinches, forestación y construir azudes en la qda. |
| P.J. Nicolas - de Pierola. | Margen derecha del río Rímac, cono de deyección de la qda. Quirio, Chosica, a 850 m.s.n.m. | Material proluvial-sobre dep. aluvia - les. | Huaycos y erosión de la qda. - Quirio en casos de lluvias excepcionales; desprendimientos - que pueden destruir viviendas. | Recomendable erradicar - las viviendas del cauce de la qda.Quirio,canalizar éste y desquinchar los bloques sueltos. |
| P.J. - Piedra Grande | Margen izq.del río Rímac frente al cono deyectivo del río Sta. - Eulalia a 990 m.s.n.m. | Depósitos aluviales. | Desprendimientos de rocas y - huaycos del río Sta. Eulalia - pueden afectar a este sector, - en caso de lluvias excepciona - les. | Erradicar las viviendas comprometidas por estos fenómenos. |
| P.J. - Pedregal. | Margen derecha del río Rímac, a- 850 m.s.n.m. Area de Chosica. | Depósitos coluviales sobre depósitos aluviales. | Huaycos excepcionales y desprendimientos de rocas en casos de sismos. | Erradicar las viviendas que estan en el cauce - del huayco, así como las que estan comprometidas directamente por las rocas sueltas. |
| P.J. - Señor - de los Milagros. | Margen izq.del río Rímac, frente a Chosica, a 880 m.s.n.m. Forman el mismo agrupamiento con el P.J. Mcal. Castilla. | Depósitos coluviales sobre,depósitos aluviales. Cono de deyección de la qda.- Ramón Castilla. | Huaycos excepcionales y desprendimientos de rocas en casos de sismos. | Forestación de las laderas, desquinchar y construir azudes en la qda. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| P.J. Velazco A. | Margen izq.del río Rímac, frente al cono de deyección del río Sta. Eulalia cerca a la qda.La Ronda a 990 m.s.n.m. | Depósitos aluviales. | Las viviendas instaladas en el cono deyectivo de la qda. La Ronda pueden ser afectados por huaycos en caso de lluvias excepcionales. Desprendimientos de rocas. | Erradicar las viviendas ubicadas en el cauce de la qda La Ronda. Reforestar los taludes y desquinchar los bloques sueltos. |
| Ricardo Palma. | Margen izq.del río Rímac a 2 Km. aguas arriba de Chosica y a 1000 m.s.n.m. | Depósitos aluviales. | Desprendimientos de rocas, erosión fluvial por el río Rímac en áreas cercanas a éste. | Forestar los taludes, desquinchar bloques sueltos. Construir enrocados para proteger la márgen afectada. |
| Sta. María. | Margen derecha del río Rímac, a 1.8 Km. aguas abajo de Chosica y a 810 m.s.n.m. | Depósitos proluviales sobre depósitos aluviales. | Huaycos excepcionales y desprendimientos de rocas en casos de sismos. | Forestación de las laderas, erradicar las viviendas que estan sobre el cauce de la qda. |

Página en blanco

FOTO N° 1

Valle en "U" de típico modelado glaciar. Zona de Milloc.

FOTO N° 2

Valle en "V" con laderas empinadas y fondo relativamente angosto. También muestra un antiguo deslizamiento a la altura del puente Llican - Zona de Matucana.

FOTO N° 3

Divisoria continental, con flancos abruptos y vestigios de - actividad glaciar.

FOTO N° 4

Laderas con acumulación de escombros que derivan a derrumbes que afectan a la carretera central. Zona de Turamanga aguas arriba de San Mateo.

FOTO N° 5

Alteración del estado de equilibrio natural de taludes a - causa de los cortes practicados para la carretera. Zona - de Casapalca.

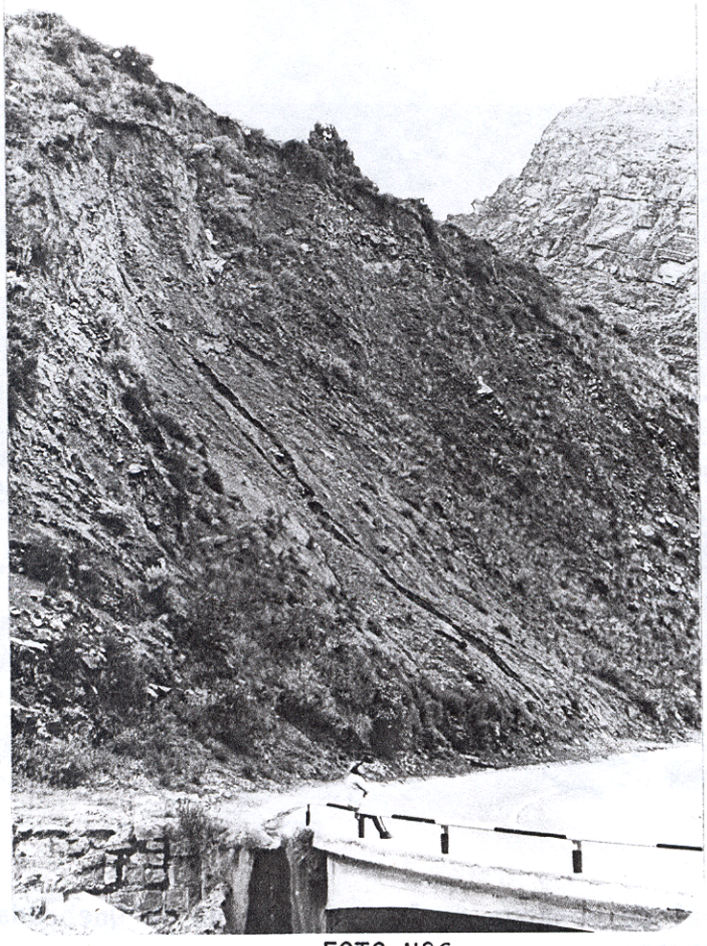


FOTO N°6

Derrumbes próximos al Puente Anches que afectan la carretera.

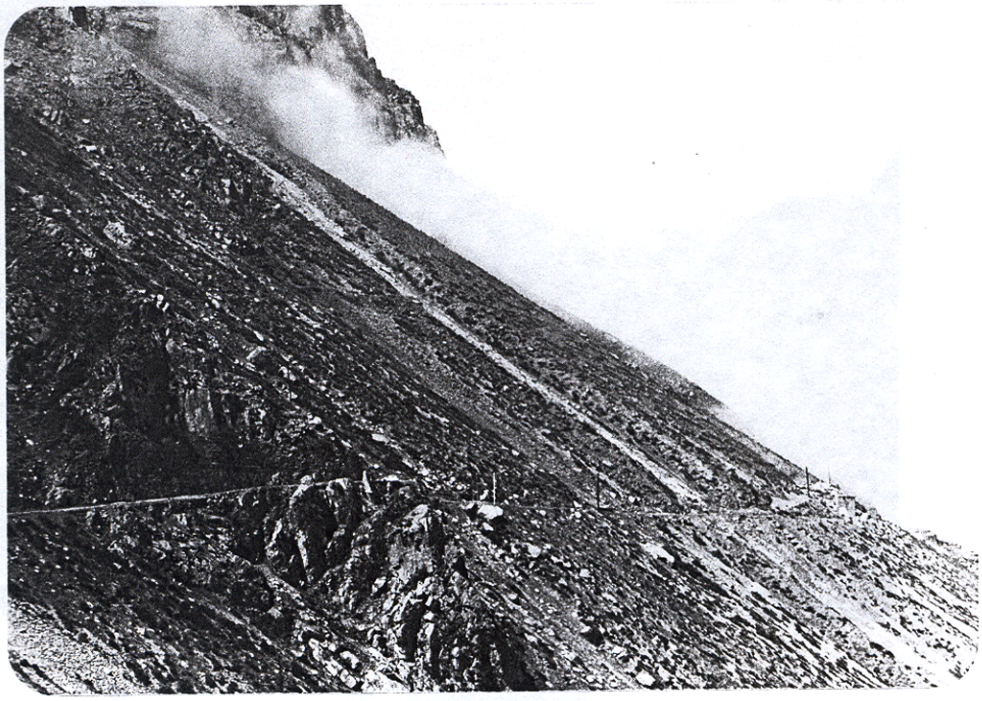


FOTO N°7

Desprendimientos de rocas en los niveles altos de la cuenca del Río Santa Eulalia. Tramo carretera Huachupampa - Sheque.

FOTO N°8

Canal de desague de los huaycos de la Quebrada Los Olivos Matucana.

FOTO N°9

Erosión de riberas en la márgen izquierda del Río Rímac,- 300 m. aguas abajo del Puente Ricardo Palma - Chosica.

FOTO N°10

Erosión de riberas que afecta viviendas mal ubicadas sector Oscoya.

FOTO N°11

Erosión de riberas con efectos de socabamiento y fisuramiento de muro de contensión. Sector Oscoya.

FOTO N°12

Erosión de riberas márgen derecha del Río-Rímac - Sector Ñaña.

FOTO N°13

Terrazas bajas propensas a erosión e inundaciones márgen derecha del Río Rímac a 1 Km. aguas arriba de la Bocatoma "La Atarjea".

FOTO N°14

Vista panorámica de la zona de inundación en Tornamesa.

FOTO N°15

Zona de inundación de Tornamesa donde se aprecia que el - lecho del río es ligeramente más alto que las tierras de- la márgen izquierda.

FOTO N°16

Patio de Llaves de la C.N. de Huinco y Presa para la C.H. de Ca llahuanca.

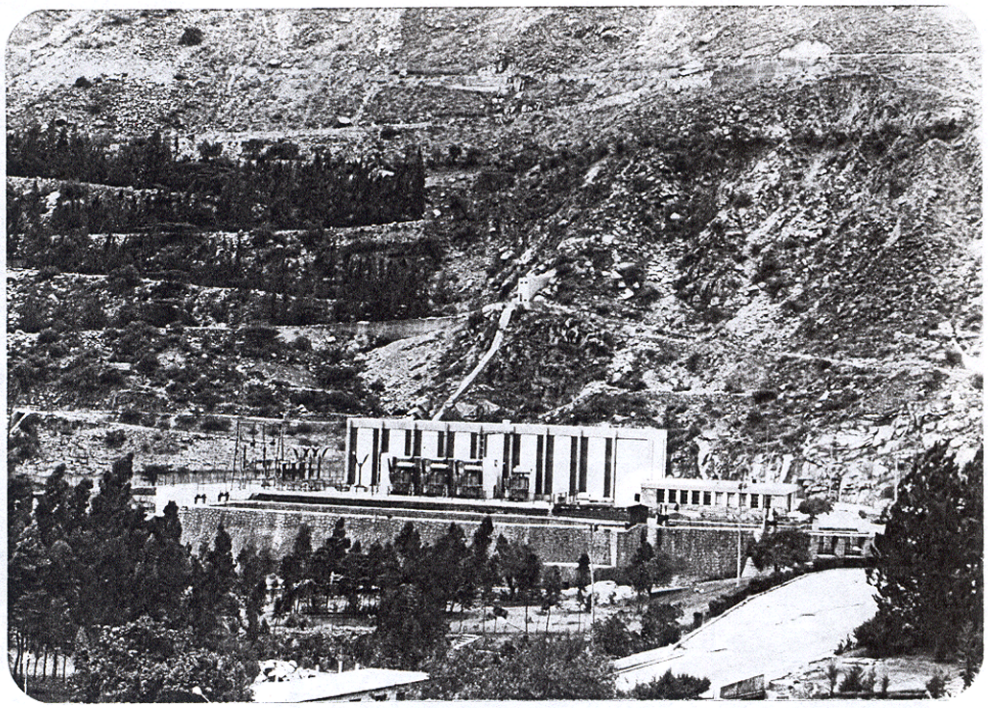


FOTO N°17

Toma de Pablo Boner para la C.H. de Callahuanca y Casa de Máquinas de la C.H.Pablo Boner. Se nota pequeños desprendimientos de rocas.

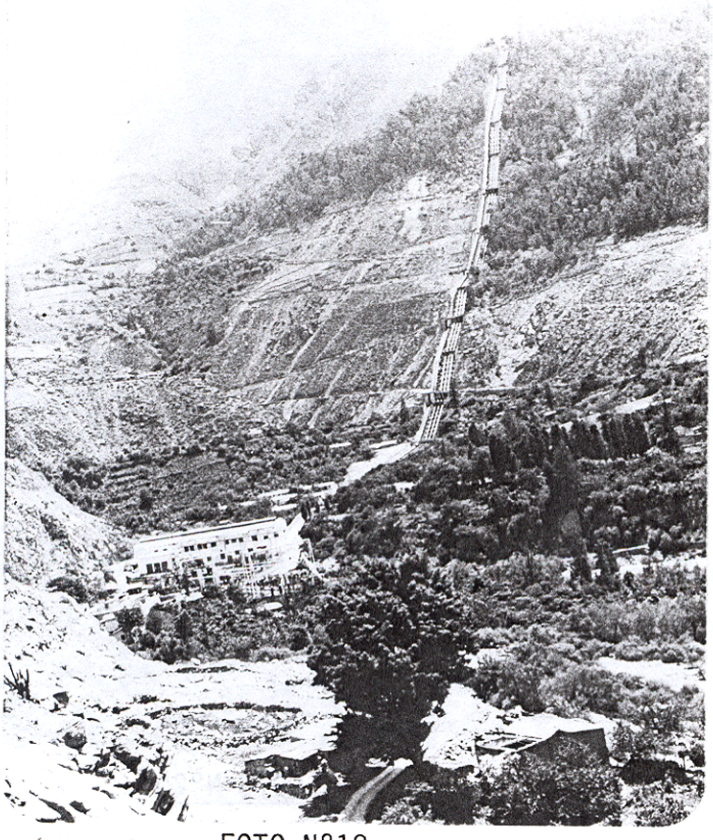


FOTO N°18

Casa de Máquinas y tubería forzada de la C.H. de Calla - huanca. Se observa las buenas condiciones estabilidad en la ladera ocupada por la tubería forzada.

FOTO N°19

Toma de Tamboraque para la C.H. de Pablo Boner. Se-observa pequeños derrumbes en el cono de escombros - contenidos por el muro de concreto.

FOTO N°20

Destrucción de la carretera por los huaycos que descen dieron por la Quebrada "La Esperanza" en 1981.

FOTO N°21

Sector Cariñito : Se observa un tramo de carretera rehabilitada, después de su destrucción total por los huaycos de 1981.

FOTO N°22

Puente carretera sobre el Río Seco que fue afectado por los huaycos de 1981 y 1982; La vista fue tomada después que se efectuó la limpieza correspondiente.

FOTO N°23

Sector de Matucana : Línea férrea y carretera con riesgo de ser afectado por derrumbes de escombros de talud.

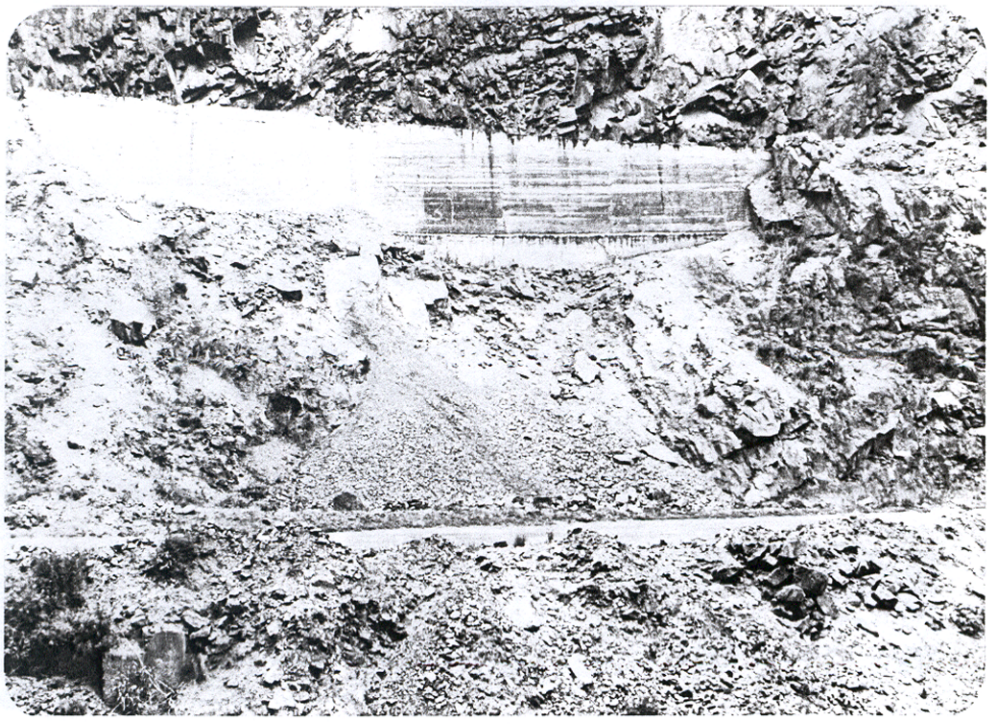


FOTO N°24

Sector Ocatara : Derrumbes que afectan el terraplen y muro de concreto de la carretera.

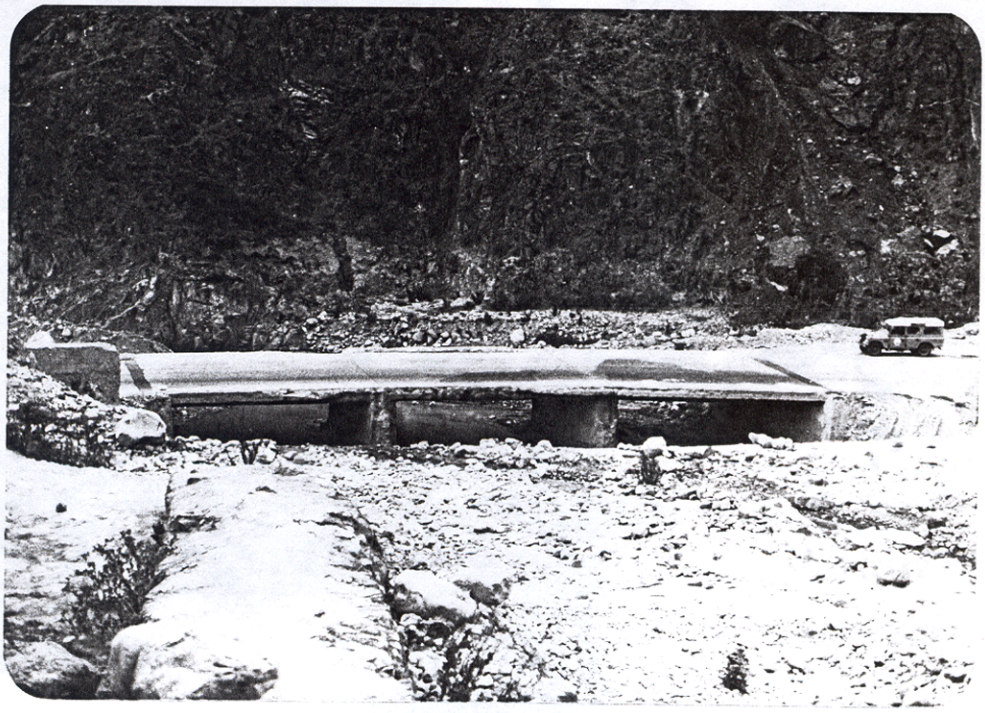


FOTO N°25

Puente carretera sobre el Río Surco : Se aprecia la des - trucción parcial del puente y el túnel del ferrocarril.

FOTO N°26

Puente Matucana : Se observa las buenas condiciones en que se encuentra.

FOTO N°27

Puente Infiernillo tipo boladizo : Erosión de ribera que puede afectar la base del boladizo.

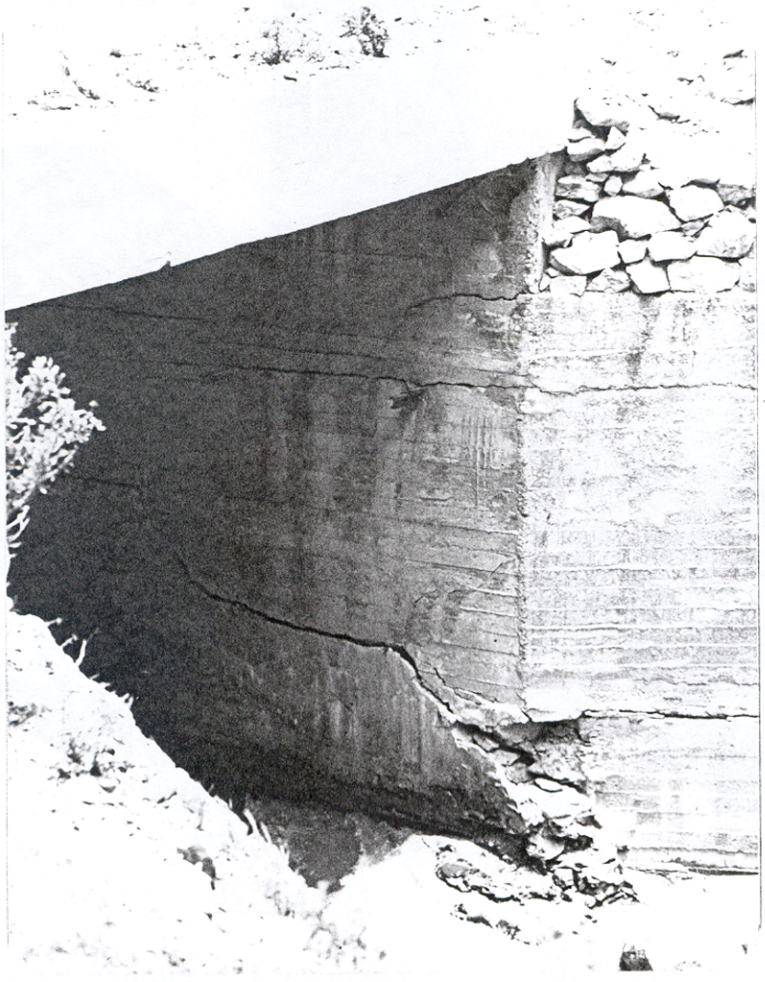


FOTO N°28

Puente carretera Infiernillo : Se observa socavamiento y fisuramiento en el estribo izquierdo.

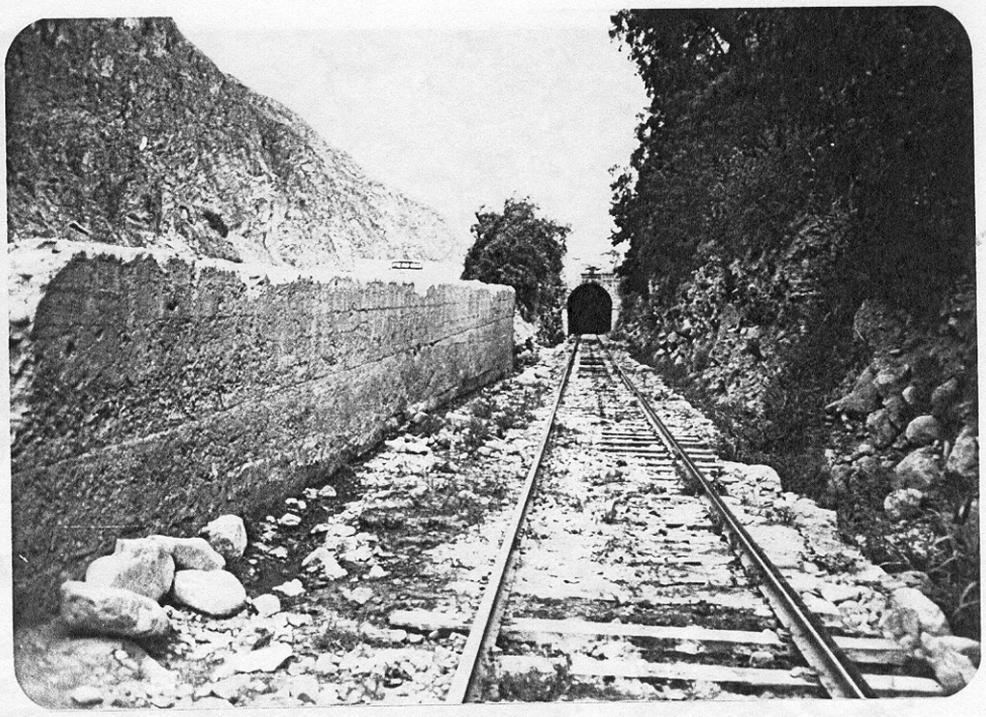


FOTO N°29

Túnel artificial en el Río Seco : La línea férrea fue afectada por los huaycos.

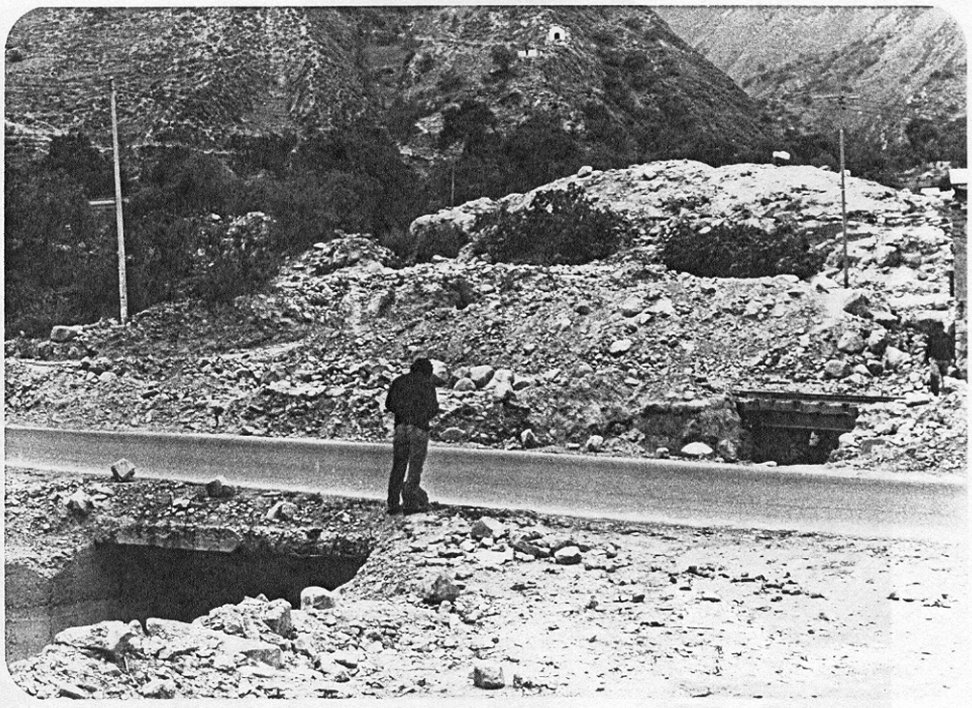


FOTO N°30

Sector Surco : Se aprecia como los huaycos afectaron los puentes alcantarilla de la vía férrea y la carretera.

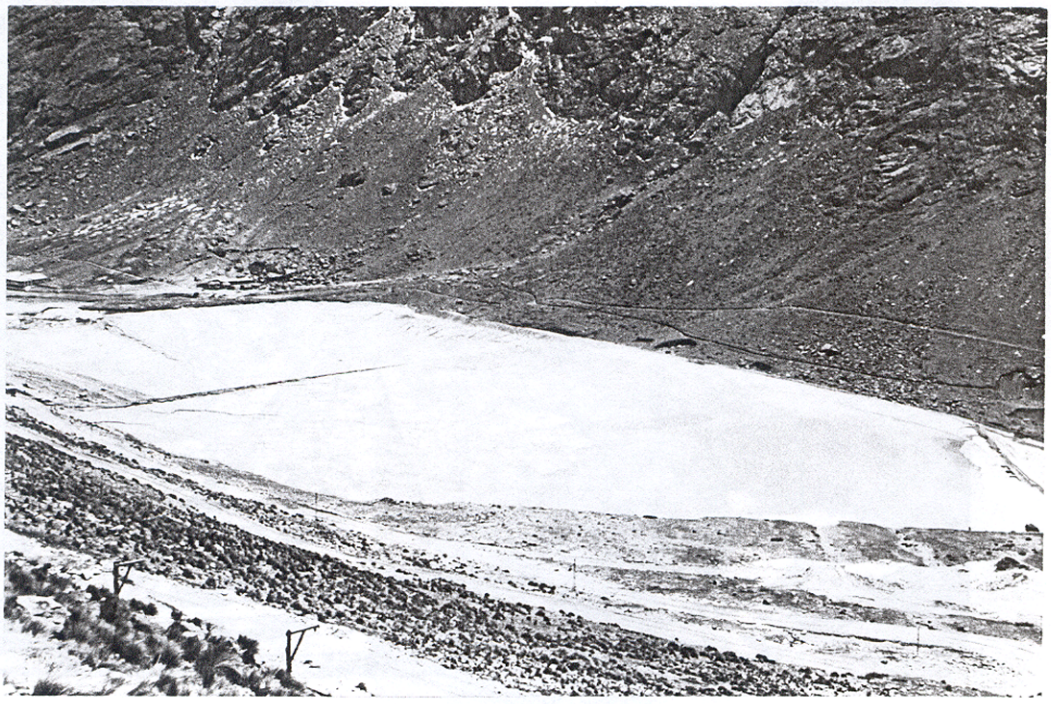


FOTO N°31

Presa de relaves de Pacococha en buenas condiciones de estabilidad.

FOTO N°32

Presa de relaves de Millotingo donde se observa 2 zonas de erosión en el frente.

FOTO N° 33

Depósito de Relaves en Yauliyacu : Parte superior "Nuevo Yauliyacu".
Parte media e inferior Yauliyacu Antiguo. Se puede apreciar su proximidad al lecho del Río Rímac.

FOTO N° 34

Laguna Pacococha : Se observa la presa de albañilería de piedra construida sobre el dique natural.

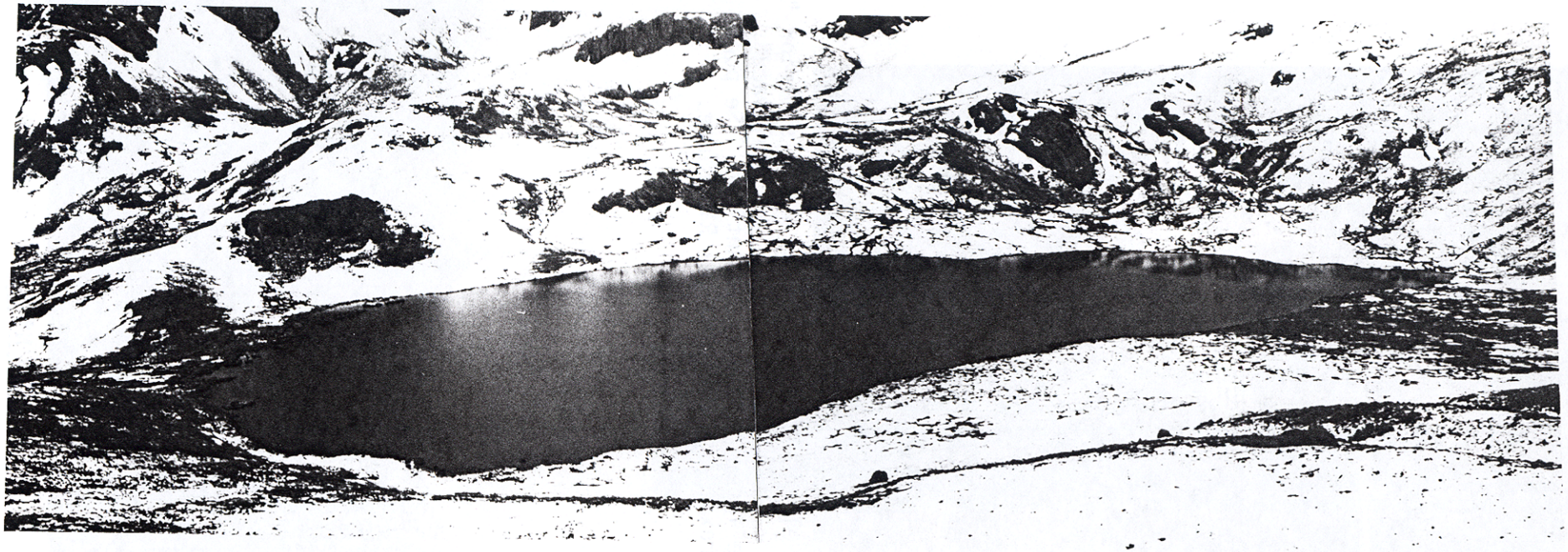
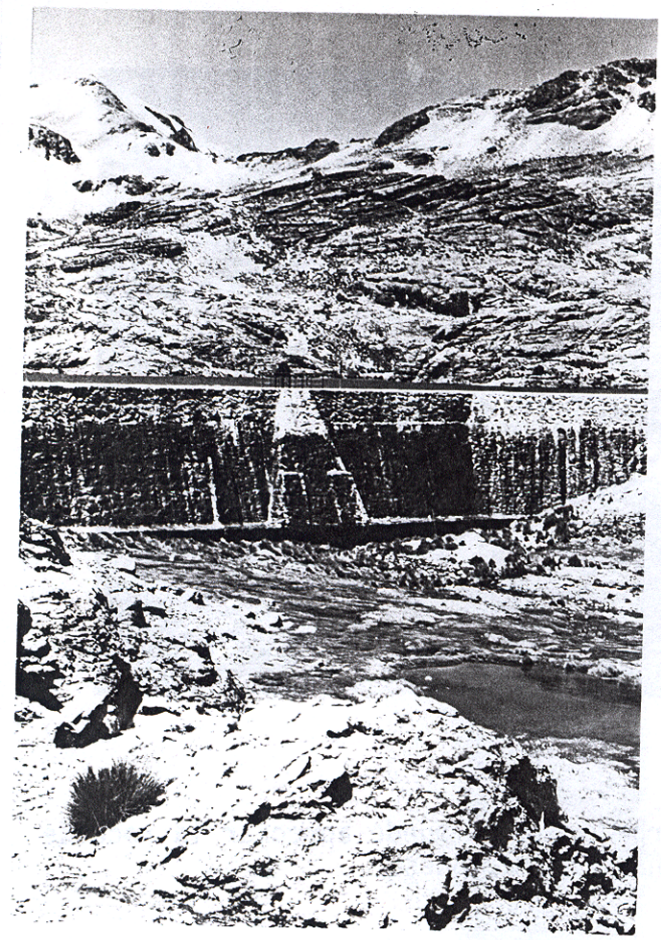


FOTO N°35

Vista panorámica de la Laguna Yuragcocha sin obras de represamiento. Dique natural morrénico.



Lag. Piticuli

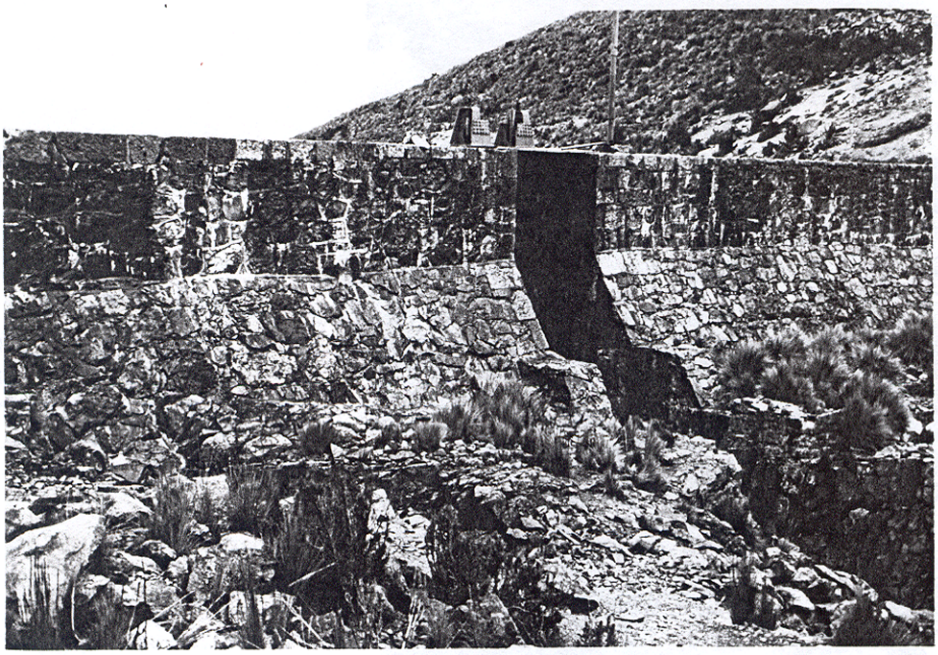
35 - A

Vista frontal de la Presa en Piticulí donde se puede apreciar la magnitud - de la filtración a través de las juntas.

Lag. Piticuli

35- B

Otra vista de la Presa en Piticulí mostrando las - filtraciones.

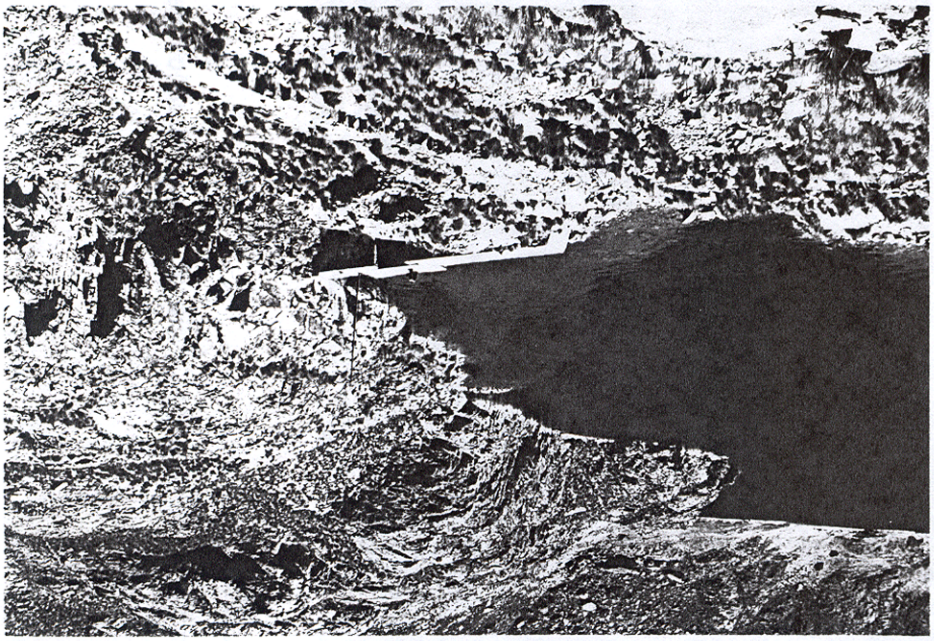


Lag. Carpa
35 - C

Presa en la Lag. Carpa donde se puede apreciar la roca de cimentación y pequeñas filtraciones.

Lag. Quisha
35 - D

Presa en Lag. Quisha mostrándonos también la filtración y la roca de cimentación.



35-E
Lag. Pucro

Vista de la laguna Pucro, mostrando la boquilla sobre la que se cimenta la presa de regulación.

FOTO N°36

Laguna Mancacoto, represada mediante una presa de mampostería de piedra . Se observa pequeños desprendimientos y de - rrumbe en la márgen derecha.

FOTO N°37

Laguna Huachuacocha represada mediante una presa de albañilería de piedra asentada con mortero cemento arena. Se observa buena-estabilidad.

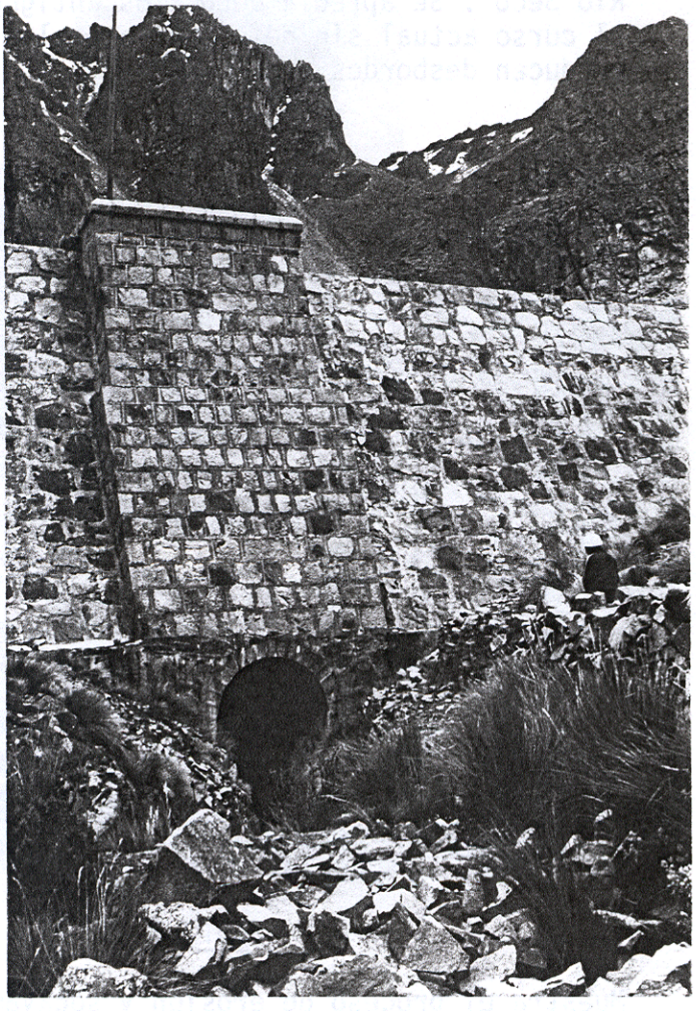


FOTO N°38

Presa de Huachuacocha, en buenas condiciones.
Regula las aguas para la C.H. de Huinco.

FOTO N°39

Río Seco : Se aprecia depósitos antiguos de huaycos en el curso actual sin defensas laterales por donde se - producen desbordes.

FOTO N°40

Muestra el proceso de erosión y socavamiento que efectúa el Río Rímac en el muro ubicado en el sector de - Río Seco.

FOTO N°41

Puente carretera y túnel del ferrocarril sobre el Río Seco : Se observa el desnivel entre la boveda del túnel y el lecho de la quebrada debajo del puente.

FOTO N°42

Quebrada "La Esperanza" : Obsérvese el material transportado por el huayco de 1981.

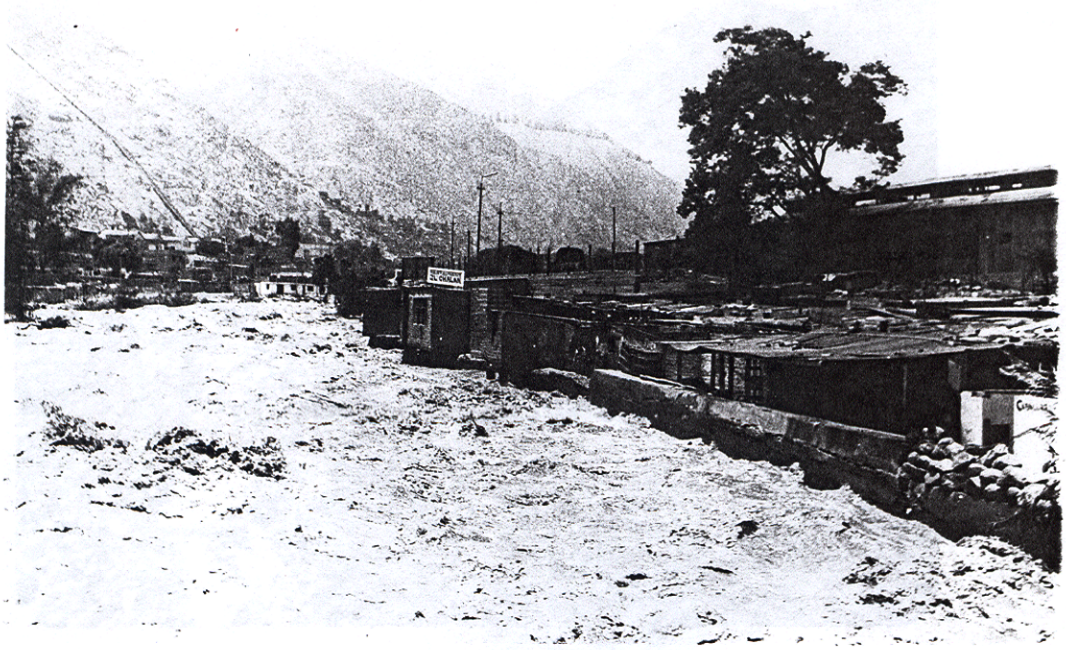


FOTO N°43

Quebrada Chacamaza : Muestra erosión y desbordes debido a subdimensionamiento de las estructuras.

FOTO N°44

Sector Chosica : canalización inadecuada mediante muros y mala ubicación de viviendas.