



**PROYECTO INDECI PNUD**  
**PER / 02 / 051**  
PROGRAMA  
CIUDADES SOSTENIBLES



**MAPA DE PELIGROS Y  
MEDIDAS DE MITIGACIÓN  
ANTE DESASTRES**

Ciudad de Anta-Izcuchaca

**INFORME FINAL**

**Mayo 2011  
CUSCO**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL - INDECI**

General de División E.P. (R)  
**LUIS F. PALOMINO RODRIGUEZ**  
**JEFE DEL INDECI**

Coronel EP (R)  
**CIRO MOSQUEIRA LOVÓN**  
**SUB JEFE DEL INDECI**  
**DIRECTOR NACIONAL PROYECTO PER /02/051**

Ing. **RANDOLFO ANCI CASTAÑEDA**  
**DIRECTOR REGIONAL INDECI SUR ORIENTE**

**PROYECTO INDECI - PNUD PER/02/051**  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

Arq. **JENNY PARRA SMALL**  
**Coordinadora**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

Ing. **ALFREDO PÉREZ GALLEN**  
**Asesor**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

Ing. **CARMEN VENTURA BARRERA**  
**Especialista en Gestión del Riesgo de Desastres**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

**MARIA ELENA GALVEZ CHANCAN**  
**Asistente Administrativa**  
**Programa Ciudades Sostenibles**

**REGIÓN CUSCO  
PROVINCIA DE ANTA**

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTA**

**Abog. EULOGIO USCAMAYTA CHACON**

**Alcalde Provincial de Anta**

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

**PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES**

**EQUIPO TÉCNICO CONSULTOR**

Ing. Geolg. RUPERTO BENAVENTE VELÁSQUEZ  
Coordinador Responsable del Estudio  
Especialista en Geología

Ing. Geolg. JUAN AROSQUIPA MONZÓN  
Especialista en Geotecnia y Mecánica de Suelos

Ing. Civ. HERACLIO BOZA MURILLO  
Especialista en Hidrología

Arq. YURI VILLAFUERTE GUTIERREZ  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

**COLABORADORES:**

Bach. Ing. Geolg. RUDY VIGO GUZMÁN  
Especialista en Geología/Geotecnia

Ing. Civ. PERCY ROSALES HUAMÁN  
Especialista en Hidrología/Hidráulica

Blga. VERÓNICA QQUELLÓN AUCCA  
Especialista en Peligros Tecnológicos / Medio Ambiente

# CONTENIDO

## RESUMEN EJECUTIVO

## INTRODUCCION

### **CAPITULO I: GENERALIDADES DEL ESTUDIO**

---

- 1.1. Antecedentes Del Estudio
- 1.2. Objetivos Del Estudio
- 1.3. Descripción Del Estudio

### **CAPITULO II: FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

---

- 2.1. Generalidades
- 2.2. Cartografía Base
- 2.3. Fase De Recopilación De Información Existente
- 2.4. Fase De Investigación De Campo
- 2.5. Fase De Ensayo de Laboratorio
- 2.6. Fase De Gabinete

### **CAPITULO III: ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD**

---

- 3.1. Ubicación Del Área De Estudio
  - 3.1.1 Localización
  - 3.1.2 División Físico Política
- 3.2 Aspectos Físico Geográficos
  - 3.2.1 Fisiografía y Relieve
  - 3.2.2 Hidrografía
  - 3.2.3 Topografía y tipo de suelo
  - 3.2.4 Clima

### **CAPITULO IV: ESTUDIOS BÁSICOS**

---

- 4.1. Geología Del Área De Estudio
  - Generalidades
  - Objetivos particulares
  - 4.1.1 Geomorfología
    - Geomorfología Regional
    - Geomorfología Local
  - 4.1.2 Geología
  - 4.1.3 Geodinámica

- Geodinámica Interna
- Geodinámica Externa
- 4.2 Peligros Geológicos
  - 4.2.1 Evaluación de Peligros de Geodinámica Interna
  - 4.2.2 Evaluación de Peligros de Geodinámica Externa
  
  - 4.2.3 Mapa de Peligros Geológicos
    - Peligro Geológico Muy Alto
    - Peligro Geológico Alto
    - Peligro Geológico Medio
    - Peligro Geológico Bajo
- 4.3. Hidrología del Área de Estudio
  - 4.3.1 Ubicación e importancia del área de estudio
  - 4.3.2 Microcuenca del río Ramoschaca
  - 4.3.3 Caracterización hidrológica
  - 4.3.4 Análisis hidrológico
  - 4.3.5 Método de Estimación de avenidas
  - 4.3.6 Modelamiento hidráulico de la quebrada con HECRAS
  - 4.3.7 Peligros Hidrológicos
  - 4.3.9 Mapa de Peligros Hidrológicos (a nivel local y de microcuencas)
    - Peligro Hidrológico Muy Alto
    - Peligro Hidrológico Alto
    - Peligro Hidrológico Medio
- 4.4. Geotecnia del Área De Estudio
  - 4.4.1. Trabajos realizados
    - 4.4.1.1 Investigaciones de campo
      - Excavaciones manuales
      - Muestreo, transporte y tipo de muestra
      - Trabajos y Ensayos Geotécnicos de Campo
    - 4.4.1.2 Ensayos de Laboratorio
      - Plan de ensayos
    - 4.4.1.3 Trabajos de Gabinete
      - Nivel de Agua Subterránea
      - Agresividad del Suelo
  - 4.4.2. Análisis Geotécnico
    - 4.4.3.1 Clasificación de Suelos SUCS
    - 4.4.3.2 Zonificación Geotécnica (Capacidad Portante de Suelos)
  - 4.4.3 Mapa de Peligros Geotécnicos
    - Peligro Geotécnico Muy Alto
    - Peligro Geotécnico Alto
    - Peligro Geotécnico Medio
- 4.5. Mapa de Peligros de origen Natural
  - 4.5.1. Niveles de Peligros Naturales
  - 4.5.2. Mapa de Peligros Naturales
- 4.6. Peligros Tecnológicos
  - 4.6.1. Clasificación de Peligros de origen Tecnológicos
  - 4.6.2. Estadísticas de Emergencias CGBVP y SINPAD

- 4.6.3. Peligros Tecnológicos
  - 4.6.3.1 Contaminación Ambiental
    - A. Contaminación del Agua
    - B. Contaminación del Aire
    - C. Contaminación del Suelo
  - 4.6.3.2 Epidemias, epizootias, plagas
  - 4.6.3.3 Sustancias Químicas
    - A. Sustancias Químicas Peligrosas (Tóxicas)
    - B. Inflamabilidad y Explosiones
- 4.6.4 Mapa de Peligros de origen Tecnológico
  - Peligros Tecnológicos Muy Alto
  - Peligros Tecnológicos Alto
  - Peligros Tecnológicos Medio
  - Peligros Tecnológicos Bajo

## **CAPITULO V: MEDIDAS DE MITIGACION ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS**

---

- 5.1. Identificación de áreas seguras para el crecimiento de la Ciudad
  - 5.1.1. Localización
  - 5.1.2. Condiciones naturales del sitio
- 5.2. Pautas Técnicas
  - 5.2.1. Para Edificaciones y habilitaciones urbanas existentes
  - 5.2.2. Para Nuevas Edificaciones y habilitaciones urbanas
  - 5.2.3. Para Expansión Urbana
  - 5.2.4. Para Sistemas de Drenaje Pluvial, Defensa ante Huaycos e Inundaciones
- 5.3. Fichas de Proyectos de Mitigación
  - 5.3.1. Ante Peligros de origen Natural
  - 5.3.2. Ante Peligros Tecnológicos

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

- 6.1 Conclusiones
- 6.2 Recomendaciones



## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **ANEXOS:**

#### Anexo 1

Fichas de Proyectos

#### Anexo 2

Mapas

#### Anexo 3

Cálculos y Modelamiento Hidrológico

#### Anexo 4

Ensayos de Laboratorio

#### Anexo 5

Levantamiento Topográfico

### **RELACIÓN DE ADJUNTOS:**

#### **DIAGRAMAS**

Diagrama N° 1: Pasos para la Ejecución del PCS

#### **GRÁFICO**

Gráfico N° 01: Curva Hipsométrica del río Cachimayo

#### **FIGURAS**

Figura N° 1: Modelo de la cuenca  
Figura N° 2: Método SCS  
Figura N° 3: Modelo Meteorológico  
Figura N° 4: Histograma para el río Cachimayo  
Figura N° 5: Sección transversal  
Figura N° 6: Valor de n para cada zona

## INDICE CUADROS

Cuadro N° 1:	Datos Básicos de Anta-Izcuchaca
Cuadro N° 2:	Región Cusco y Provincias
Cuadro N° 3:	Provincia Anta y Distritos
Cuadro N° 4:	Centros Poblados – Anta Izcuchaca
Cuadro N° 5:	Registro Sísmico Local y Regional
Cuadro N° 6:	Intensidad Sísmica – Escala Mercalli
Cuadro N° 7:	Resumen de las Características Morfológicas de Cachimayo
Cuadro N° 8:	Valores Críticos D Prueba Kolgomorov Smirnov
Cuadro N° 9:	Distribución Log Person Tipo III– Estación Anta Ancachuro
Cuadro N° 10:	Precipitación máxima en 24 horas regionalizada
Cuadro N° 11:	Lluvias Máximas – Estación de Anta Ancachuro
Cuadro N° 12:	Tiempo de concentración
Cuadro N° 13:	Número de la Curva de Escurrimiento para Condiciones variadas de Humedad Promedio
Cuadro N° 14:	Número de Curva N
Cuadro N° 15:	Coefficiente de Rugosidad para el cauce principal
Cuadro N° 16:	Coefficiente de Rugosidad para zonas de inundación
Cuadro N° 17:	Calicatas
Cuadro N° 18:	Densidad de campo
Cuadro N° 19:	Valores de correlación entre PDL y SPT
Cuadro N° 20:	Valores del ángulo de fricción obtenida en campo
Cuadro N° 21:	Densidades
Cuadro N° 22:	Resumen de Resultados
Cuadro N° 23:	Cálculo de Capacidad Portante
Cuadro N° 24:	Estadísticas de Emergencias
Cuadro N° 25:	Grifos – Ciudad de Anta-Izcuchaca
Cuadro N° 26:	Venta de Gas – Ciudad de Anta-Izcuchaca
Cuadro N° 27:	Proyectos recomendados ante Peligros Naturales
Cuadro N° 28:	Proyectos recomendados ante Peligros Tecnológicos

## INDICE DE MAPAS

MAPA N° 1:	Ubicación de la ciudad
MAPA N° 2:	Satelital
MAPA N° 3:	Geológico Local
MAPA N° 4:	Geomorfológico Local
MAPA N° 5:	Geodinámico Local
MAPA N° 6:	Peligros Geológicos Local
MAPA N° 7:	Áreas de Inundación
MAPA N° 8:	Peligros Hidrológicos
MAPA N° 9:	Ubicación de Calicatas
MAPA N° 10:	Clasificación de Suelos SUCS
MAPA N° 11:	Zonificación Geotécnica
MAPA N° 12:	Peligros Geotécnicos
MAPA N° 13:	Peligros Naturales
MAPA N° 14:	Actividad Antrópica
MAPA N° 15:	Peligros Tecnológicos

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El Estudio “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Anta-Izcuchaca”, es un proyecto que el Programa Ciudades Sostenibles del INDECI desarrolla con el apoyo del PNUD y en convenio con la Municipalidad Provincial de Anta, en el marco de la Política 32º del Acuerdo Nacional sobre Gestión del Riesgo de Desastres y de la filosofía y metodología de “Ciudades Sostenibles”, que postula la búsqueda de una mejor calidad de vida para los habitantes de las áreas urbanas, con criterios de seguridad física, orden, salud, eficiencia, sin agresión al medio ambiente, para conseguir finalmente una ciudad gobernable y competitiva, eficiente en su desarrollo.

La primera etapa de este proyecto del Programa Ciudades Sostenibles, es la elaboración del Estudio “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Anta-Izcuchaca”, orientado a identificar, evaluar y calificar los peligros naturales y tecnológicos que se localizan en el ámbito territorial de una ciudad y que en forma directa e indirecta tienen incidencia en la seguridad física de la población.

Para la ciudad de Anta-Izcuchaca, el Estudio ha comprendido el desarrollo de las siguientes disciplinas técnicas:

- Conocimiento de las condiciones naturales de la microcuenca del río Cachimayo, con la identificación de los peligros naturales, como derrumbes, cárcavas, inundaciones y cualquier remoción de masas de material, que por su evolución podría llegar a afectar a la ciudad.
- Conocimiento de las condiciones naturales del ámbito territorial del área urbana y su entorno inmediato, con la identificación de los peligros naturales a que está sometida.
- Conocimiento de las condiciones naturales del suelo del área urbana como elemento de fundación para las edificaciones existentes, deduciendo su respuesta frente a un fenómeno natural externo, como un sismo.
- Conocimiento de los peligros tecnológicos (antrópicos) generados en la ciudad como consecuencia de su crecimiento, que en determinadas circunstancias pueden generar un desastre, con afectación de la vida de personas y de sus instalaciones.
- Desarrollo de conclusiones y recomendaciones, con propuestas de solución, para eliminar/atenuar los impactos negativos de estos peligros naturales y tecnológicos.

El estudio de la microcuenca Cachimayo muestra que sus condiciones naturales son típicas, como lo es para todas las cuencas de la zona andina de nuestro territorio, donde, tanto por los tipos de rocas emplazadas y por sus cambios bruscos altitudinales, se dan desestabilizaciones del terreno, generándose derrumbes, desarrollo de cárcavas, cauces erosivos y todo tipo de remoción que incluyen potenciales aluviones e inundaciones.

Estos fenómenos se localizan, básicamente, en el segmento medio de la microcuenca 8 laderas de pendiente media y baja), con consecuencias en el sector bajo (Pampas de Anta) caracterizado por un relieve accidentado, colinoso y de llanuras lacustres, con lagunas, río y sus quebradas tributarias presentan pendientes altas y medias.

La evaluación hecha a las desestabilizaciones del terreno, nos muestran que los impactos negativos son básicamente de carácter local, con afectación, mayormente, de la infraestructura de servicios, como son los equipamientos básicos de la ciudad, vías vecinales y, en algunos casos las actividades rurales de Anta-Izcuchaca ( agrícola, ganadera, ferial, etc.) .

Consecuentemente, estos peligros naturales de la microcuenca tienen impacto negativo directo sobre la seguridad física de la ciudad de Anta-Izcuchaca, en la medida que las avenidas y materiales de arrastre al llegar a los cauces de las quebradas y del río Cachimayo, los colmatan en forma progresiva, generando las condiciones para que en estaciones de fuertes lluvias se produzcan arrastres importantes de agua, susceptibles de desbordar el curso inferior del río con afectación directa a la ciudad de Anta-Izcuchaca.

Se precisa que la microcuenca del río Cachimayo llega a la ciudad de Anta-Izcuchaca por el lado norte del casco urbano en dirección este-oeste, consecuentemente los desbordes, inundaciones, cauces erosivos, que se produjeran afectarán exclusivamente al área agrícola y población urbana o rural asentada en las franjas marginales del curso de agua; por otro lado quebradas menores y cauces erosivos que llegan al {área urbana también producirían afectación importante . Razón por la que a este segmento del río Cachimayo como a las quebradas se le califica como de **“Peligro Muy Alto”**

En el ámbito de las laderas medias y altas que rodean la ciudad de Anta-Izcuchaca podrían producirse desestabilizaciones de taludes y derrumbes locales por suelos de baja consolidación, calificadas como de **“Peligro Alto”** **“Peligro Muy Alto”** por existir procesos de remoción de masas.

Frente a un sismo importante (**terremoto**), se aligerarían los desprendimientos en los taludes escarpados de las laderas medias y altas, con afectaciones mayores a viviendas rurales y personas que pudieran habitar esas áreas, razón por la que por este fenómeno tendría un calificativo de **“Peligro Muy Alto”**.

En relación con el comportamiento del suelo como elemento de fundación en el área urbana y periurbana de la ciudad de Anta-izcuchaca, se tiene el siguiente calificativo:

Los suelos de origen lacustre de limo inorgánico de baja plasticidad y capacidad portante menor a 1 kg/cm<sup>2</sup> que abarcan las pampas agrícolas de Anta al norte y oeste del casco urbano actual **“Peligro Muy Alto”**

Se ha considerado los cauces erosivos y thalweg del río Cachimayo donde los suelos son poco consolidados y de grava arcillosa limosa con baja capacidad portante 1.33 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, **“Peligro Alto”** .

Los suelos de grava arcillosa y arena limosa ubicados en el pie de las colinas bajas alrededor de las Pampas de Anta con capacidad portante mayor a 1.28 kg/cm<sup>2</sup> **“Peligro Medio”**.

Suelos de sustrato rocoso en superficie en colinas bajas de la ciudad de Anta antigua. Capacidad portante mayor a 2 kg/cm<sup>2</sup> calificadas como **“Peligro Bajo”**

En relación con los **Peligros Tecnológicos** en la ciudad de Anta-Izcuchaca, están relacionados con contaminación del agua del río Cachimayo por residuos sólidos domésticos y efluentes; por otro lado las fuentes de incendios y explosiones corresponden con la ruta de transporte y comercio de sustancias químicas peligrosas de la vía Cusco – Abancay que atraviesa Izcuchaca. Asimismo el relleno sanitario, residuos sólidos, mercados y ferias y las

áreas agrícolas con prácticas de beneficio de ganado son focos de epidemias o vectores de enfermedades o contaminación.

El análisis de los Peligros Tecnológicos identificados ha permitido elaborar el “Mapa de Peligros Tecnológicos” para la ciudad de Anta-Izcuchaca, teniéndose las siguientes calificaciones:

### **Peligro Tecnológico Muy Alto**

- Relleno Sanitario de Kehuar.
- Ruta de transporte vía Cusco-Abancay que cruza la ciudad de Izcuchaca de este a oeste, trasladando sustancias químicas peligrosas que pueden producir derrames, explosiones por accidente.
- Río Cachimayo en las inmediaciones de la ciudad contaminado por efluentes líquidos.
- Líneas de alta tensión que pasan por el norte de la ciudad de Anta-izcuchaca en las áreas rurales.
- Acumulación de residuos sólidos en varios puntos de la ciudad de Anta-Izcuchaca.
- Terminal terrestre de autos y cousters por ser fuentes de incendios y explosiones al contar con servicio de expendio de combustibles.
- Grifos y estaciones de servicio de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

### **Peligro Tecnológico Alto**

- Plaza principal y vía donde se ubican lugares de expendio de sustancias químicas y ferías informales así como rutas de transporte hacia las zonas rurales de Anta-Izcuchaca.
- Área de influencia del botadero de Ccoyayoc y relleno sanitario de Kehuar.
- Área urbana donde se ubican el mercado, centro de salud, camal, y contaminación electromagnética.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del centro de salud y el tratamiento de sus residuos sólidos y líquidos de manera común con los de la población en general.
- Canteras de extracción de material de préstamo que alteran la calidad de los suelos.

### **Peligro Tecnológico Medio**

- Áreas agrícolas situadas en las proximidades de Anta-Izcuchaca donde se realiza crianza de ganado, aves potenciales focos de epidemias o plagas, así como el uso agroquímicos.
- Bosque de protección expuesto a tala indiscriminada.

La realización del estudio para la elaboración del “Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Anta-Izcuchaca”, ha permitido arribar a las siguientes conclusiones:

- Los suelos de la ciudad de Anta-Izcuchaca están constituidos por limos inorgánicos de baja plasticidad en la mayor parte de las pampas agrícolas de Anta, grava arcillosa bien gradada en las franjas marginales del cauce del río Cachimayo, arena limosa en zonas transicionales entre las colinas bajas y las pampas del lado sur y este de la ciudad; por otro lado hay presencia de gravas arcillosas en los pies de laderas transicionales a las pampas y terrazas bajas del entorno colinoso de Anta-Izcuchaca. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.98 a 1.33 kg/cm<sup>2</sup>.

- En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponden a laderas propensas a remoción de masas por derrumbes locales, desarrollo de cárcavas, suelos de baja capacidad portante de limo inorgánico, áreas inundables de la ciudad afectadas por el curso del río Cachimayo.
- En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Abancay que cruza Anta-Izcuchaca, áreas agrícolas con uso de agroquímicos y quema de vegetación, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbano marginales; vías de transporte terrestre y paradas informales poco articuladas con un terminal terrestre poco implementado y seguro. La contaminación del agua del río y acequias por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural.

Las recomendaciones derivadas del estudio realizado, están referidas a:

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Anta-Izcuchaca de baja capacidad portante.
- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos.
- Tratamiento de derrumbes de rocas en viviendas afectadas.
- Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.
- Prohibición de edificaciones en laderas de pendiente media y alta, borde o lecho del río Cachimayo o cauces erosivos y zonas con desarrollo de cárcavas y suelos lacustres de limo inorgánico de baja plasticidad y capacidad portante menor a 1 kg/cm<sup>2</sup> de las pampas de Anta.
- Se recomienda para la expansión urbana de Anta-Izcuchaca ocupar las áreas con mayor capacidad portante en los suelos transicionales de colinas bajas y terrenos fluvio-aluvionales que no sean bordes terminales de conos de deyección de cauces de quebradas. Siendo estas las zonas centro y este entorno urbano actual de Anta-Izcuchaca.
- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Encauzamiento del río Cachimayo y cambio de diseño del puente, en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo debido a la fuerte pendiente del cauce.

## **INTRODUCCIÓN**

Las precipitaciones pluviales extraordinarias que cayeron en el Departamento del Cusco en los meses de Enero y Febrero del año 2010, específicamente en la Cuenca del río Cachimayo han generado por las características morfológicas y litológicas de la cuenca, inundaciones, sobresaturación de los suelos y la socavación del pie de las laderas de pendiente fuerte a muy fuerte originando derrumbes afectando la infraestructura de vivienda, transporte y riego existente en las diversas comunidades del distrito de Anta.

En el distrito de Anta y la ciudad de Izcuchaca, los daños ocasionados por las lluvias son catastróficos, el sistema vial nacional, interprovincial y local a colapsado, los deslizamientos, huaycos y los ríos han desaparecido kilómetros de plataforma vial y puentes aislando a la población, cientos de hectáreas de diferentes cultivos que son la base de la alimentación de la población también ha sido arrasada por los ríos, varias viviendas se han caído dejando en la intemperie a muchas familias, sobre todo niños y mujeres embarazadas, el hospital de Izcuchaca ha sido inundado completamente dañándose todo el equipamiento, mobiliario, medicamentos, documentos de registro, y sobre todo no había como atender a la población.

Utilizando maquinaria como volquetes, motoniveladoras, rodillo, cargador frontal y personal profesional, técnico y obreros, la municipalidad provincial de Anta, habilitó una trocha carrozable para permitir la transitabilidad de los vehículos de transporte de pasajeros en la ruta Izcuchaca, Cusco y viceversa, ante el colapso de la alcantarilla de 3 salidas como consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales, que se encontraba el sector de Huachancay del distrito de Pucyura de la pista asfáltica de la carretera Cusco Abancay Lima, personal técnico de la comuna provincial de Anta, tuvo que trasladar lastre del kilómetro 4 de la vía Izcuchaca - Ccasacunca, así como piedra chancada desde el sector Wilqui para operativizar un tramo de más de 400 metros lineales por 5 metros de ancho y permitir el paso de los vehículos.



## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES.**

#### **1.1 ANTECEDENTES.**

Los estudios antecedentes para determinar la peligrosidad de eventos naturales y tecnológicos para la ciudad de Anta - Izcuchaca son escasos.

Se utilizaron los mapas bases de la carta geográfica nacional del Instituto Geográfico Nacional IGN, registros hidrometeorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI y las cartas geológicas Nacionales del Instituto Nacional de Geología, minan y Metalurgia - INGEMMET.

Por las razones antes expuestas; es necesario contar con un documento que permita tener una zonificación de peligros de variado origen: geológico hidrológico y geotécnico, para el área urbana, expansión urbanística de la ciudad de Anta – Izcuchaca dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER 02/05100014246 – CIUDADES SOSTENIBLES se desarrolla el presente estudio denominado: **MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA CIUDAD ANTA - IZCUCHACA.**

#### **1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.**

Los objetivos principales del estudio son los siguientes:

Conocer las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la cuenca del río Cachimayo así como de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

Conocer los parámetros y características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

Conocer los datos y realizar los cálculos hidrológicos que determinan los caudales máximos de los ríos que ponen en peligro a la ciudad de Anta – Izcuchaca así como a los centros poblados de las cuencas del río Cachimayo.

Efectuar un documento técnico que tenga como resultado final el mapa de peligros de la ciudad de Anta – Izcuchaca y de parte de cuenca del río Cachimayo, asociado a la ocurrencia de eventos naturales, fundamentalmente de origen geológico, hidrológico y geotécnico, así como también evaluar los peligros de origen antrópico.

Realizar los proyectos de mitigación ante los peligros naturales y antrópicos de la ciudad de Anta – Izcuchaca.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

El Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres para la ciudad de Anta-Izcuchaca, consiste en determinar la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos naturales y/o tecnológicos potencialmente dañinos dentro de su espacio geográfico y que pueden afectar a la vida y la salud humana, a las edificaciones y a las funciones vitales de la ciudad.

El ámbito territorial del estudio comprende el área urbana de la ciudad de Anta-Izcuchaca, así como sus probables áreas de expansión urbana y los poblados que se asientan en el área cercana a la ciudad mencionada.

La información bibliográfica y cartográfica digital e impresa empleada para el estudio, proviene de las instituciones oficiales públicas como el IGN, SENAMHI e INGEMMET.

Las fases de desarrollo del estudio comprendieron:

Una fase de reconocimiento de campo y la exposición del programa del estudio a realizar ante las autoridades y ciudadanía, en la ciudad de Anta-Izcuchaca. Fases de Gabinete, para la revisión de información existente, cartografiado y digitalización correspondientes; Fases de campo, en el ámbito de la cuenca del río Cachimayo y la ciudad de Anta-Izcuchaca, para identificar, evaluar y calificar los peligros naturales y tecnológicos, así como la investigación de suelos en la ciudad, con toma de muestras, que luego fueron llevadas al laboratorio, para sus ensayos físico químicos correspondientes.

La metodología consistió en la recopilación de información referente a la ocurrencia de peligros naturales y tecnológicos de la ciudad de Anta-Izcuchaca, luego se realizó una primera visita de campo a la zona para realizar una reunión con las autoridades de la Municipalidad Provincial de Anta y Distrital de Izcuchaca, seguidamente se realizaron diversas salidas al campo para realizar los trabajos de mapeo geológico, geotécnico, hidrológicos, así como evaluar los fenómenos que ocasionan los peligros naturales y tecnológicos que ponen en riesgo a la población de Anta-Izcuchaca, la información obtenida en el campo fue procesada para preparar los mapas temáticos: geológico, geomorfológico, suelos, geotécnico, hidrológico y finalmente el de peligros naturales y tecnológicos. La etapa de gabinete, en la que se formó un banco de datos bibliográficos y de materiales cartográficos, se realizó la interpretación y se señalaron las posibles zonas afectadas por los fenómenos naturales y tecnológicos para luego desarrollar los proyectos de Mitigación.

El resultado final de Mapa de Peligros Naturales y Tecnológicos Medidas de Mitigación de la ciudad de Anta-Izcuchaca es un "Mapa Síntesis de Peligros" que de acuerdo a los esquemas metodológicos de los estudios del PCS-1E califica y zonifica aquellos sectores de la ciudad que son afectados por los cuatro niveles de peligros (Muy Alto, Alto, Medio y Bajo).

**Diagrama Nº 1**  
**PASOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PCS-1E**



## CAPITULO II

### FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO.

#### 2.1. GENERALIDADES

El estudio denominado “**MAPA DE PELIGROS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LAS CIUDAD DE ANTA-IZCUCHACA**”, se ha desarrollado en cuatro grandes etapas, que se indican a continuación:

- **Recopilación de información existente:** Consistió en la recopilación de la mayor cantidad posible de información contenida en estudios, antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.
- **Investigaciones de campo:** Son aquellos trabajos que se desarrollaron en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes.
- **Ensayos de laboratorio:** Son aquellos trabajos que se han llevado a cabo en el laboratorio de Mecánica de Suelos y que tiene como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos encontrados en el área de interés.
- **Trabajos de gabinete:** Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo y laboratorio permitieron determinar los estudios básicos correspondientes y finalmente la preparación de los mapas de peligros.

#### 2.2. FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Para el desarrollo de cada uno de los estudios básicos: Geología, geotecnia e hidrología se ha procedido a la recopilación de información existente de interés.

Para el estudio geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; (1996).

Para el desarrollo del estudio hidrológico se ha recopilado la información siguiente:

- Registros meteorológicos de SENAMHI referentes a precipitaciones.

Información cartográfica que comprende:

- La Carta Nacional desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional.
- Planos de Escala 1:10,000 y 1:25,000 del Ministerio de Agricultura.
- Catastro de la ciudad de Anta - COFOPRI.

### **2.3. FASE DE INVESTIGACIONES DE CAMPO**

En los estudios, geológico, geotecnia, e hidrología, se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

En el estudio geológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en la zona urbana y alrededores.
- En geotecnia se realizaron las técnicas de investigación de 05 calicatas o pozos a cielo abierto, según indica la norma técnica ASTM D420

Para cada una de las “calicatas” abiertas en el área de interés, se han realizado ensayos de campo que a continuación se detallan:

- Descripción y clasificación visual del perfil estratigráfico de los suelos en campo según Norma ASTM D 2487:
- Muestreo de suelos en “calicatas” abiertas según Norma ASTM D 420:
- Densidad natural “in situ” según norma ASTM D1556:

En el estudio hidrológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la cuenca hidrográfica en estudio.
- Reconocimiento del cauce principal y de sus afluentes más importantes.
- Reconocimiento de lagunas existentes.
- Determinación de secciones transversales y marcas correspondientes a niveles de agua alcanzados por los ríos.
- Caracterización de la cobertura vegetal existente.

### **2.4. FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Esta etapa se desarrolla para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o puntos de muestreo de la fase de investigaciones de campo; y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de las muestras alteradas tipo Mab, mediante la ejecución de ensayos de laboratorio normalizados que se indican a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422
- Límite líquido ASTM D 423
- Límite plástico ASTM D 424
- Contenido de Humedad ASTM D 2216
- Clasificación de suelos (SUCS) ASTM D 2487

Los ensayos estándar de laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las “calicatas” abiertas, por la empresa LAMESC, bajo la supervisión del Ing. Juan Arosquipa Monzón, miembro del equipo técnico y especialista en Geotecnia.

## **2.5. FASE DE GABINETE**

Esta etapa se desarrolla después de haber culminado la etapa de recopilación de información, Investigaciones de campo y de ensayos de laboratorio. La etapa de gabinete analiza minuciosamente los resultados de las etapas anteriores, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida de manera que permita definir resultados detallados referentes al área de estudio, tales como: geología superficial, geodinámica, geomorfología, clasificación de suelos, capacidad portante, geotécnico, e hidrológico; con el cual se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico, geotécnico e hidrológico de mayor importancia en el área de estudio para luego definir el mapa de peligros de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

En los estudios geotécnicos en esta etapa se ha realizado el análisis e interpretación de los resultados de campo y laboratorio donde determinó el perfil estratigráfico definitivo del subsuelo y se realizó el análisis geotécnico de cimentaciones de edificaciones, las cuales están basadas en el cálculo de la capacidad portante o presión admisible del suelo de apoyo, la presencia del nivel freático y el análisis de licuación de suelos.

## CAPITULO III

### ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD

#### 3.1 Ubicación Del Área De Estudio

##### 3.1.1 Localización

La ciudad de Anta-Izcuchaca se encuentran ubicadas a 23 Km. al noroeste de Cusco, en la provincia de Anta en las pampas del río Cachimayo; entre las coordenadas 13°27' y 13°25' de latitud sur y 72° 15' con 72° 26' longitud oeste, tiene una extensión territorial de 202.58 Km<sup>2</sup> a nivel distrital, limitando por el norte con los distritos Maras y Chinchero ( Provincia de Urubamba), por el Sur los distritos Chinchaypujio y Ccorca ( Provincia de Cusco), por el este con el distrito de Cachimayo y Pucyura ( Provincia de Anta ), por el oeste con los distritos de Huarocondo y Zurite ( Provincia de Anta). Anta-Izcuchaca se encuentra a 3,345 m.s.n.m. y fue fundada el 02 de Enero de 1857 . **Mapa N° 01 y 02**



Fuente: INEI, 2007

**Cuadro N° 1**  
**DATOS BÁSICOS DE ANTA - IZCUCACA**

DISTRITO	FECHA CREACIÓN	ALTITUD	ÁREA	DENS. POB. 2007	POBLACIÓN 2007
Anta	ÉPOCA DE INDEPENDENCIA	3,345 msnm	202.58 km <sup>2</sup>	80.6 Hab/km <sup>2</sup>	16,336 Hab.

Fuente: Dirección de Cartografía del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI.

### 3.1.2 División Físico Política

#### A nivel Regional

De acuerdo a su división físico política la ciudad de Anta-Izcuchaca se encuentra en la Región Cusco la cual se encuentra ubicada en la zona sur oriental del territorio peruano entre las coordenadas geográficas de Latitud 11°13'19" Sur y 72°59'52" 73°57'45" de longitud oeste, abarcando la zona interandina con altitud promedio de 3,400 m.s.n.m. La región está conformada por las provincias del departamento de Cusco: Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Cusco, Espinar, La Convención, Paruro, Paucartambo, Quispicanchi, Urubamba, conformadas por 108 distritos, uno de los cuales es Izcuchaca, siendo Anta la Capital Provincial. La sede de la Región ha sido establecida por la Ley de Bases de Descentralización en la ciudad de Cusco, capital provincial de Cusco, por constituirse en la capital de la provincia con mayor población.

**Cuadro Nº 2**  
**REGIÓN CUSCO Y PROVINCIAS**

ÁMBITO	REGIÓN NATURAL	NRO. DISTRITOS	CAPITAL DE LA PROVINCIA	ALTITUD CAPITAL DE LA PROVINCIA
<b>PAÍS</b>		<b>1833</b>		
<b>REGIÓN CUSCO</b>		<b>108</b>		
ACOMAYO	Sierra	7	Acomayo	3221
<b>ANTA</b>	<b>Sierra</b>	<b>9</b>	<b>Anta</b>	<b>3345</b>
CALCA	Sierra	8	Calca	2925
CANAS	Sierra	8	Yanaoca	3910
CANCHIS	Sierra	8	Sicuani	3546
CHUMBIVILCAS	Sierra	8	Santo Tomás	3678
CUSCO	Sierra	8	Cusco	3414
ESPINAR	Sierra	8	Yauri	3924
LA CONVENCIÓN	Sierra-Selva	10	Quillabamba	1063
PARURO	Sierra	9	Paruro	3068
PAUCARTAMBO	Sierra-Selva	6	Paucartambo	3005
QUISPICANCHI	Sierra	12	Urcos	3158
URUBAMBA	Sierra	7	Urubamba	2869

Fuente: Gobierno Regional de Cusco

#### A nivel Provincial

Anta-Izcuchaca pertenecen a la provincia de Anta, como podemos ver en los Cuadros Nos. 3 y 4.

**Cuadro Nº 3**  
**PROVINCIA DE ANTA Y DISTRITOS**

IDENTIFICACIÓN RELACIONAL (IR)	DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	CAPITAL
<b>08</b>	<b>CUSCO</b>	
0803	ANTA	ANTA
<b>080301</b>	<b>ANTA</b>	<b>ANTA</b>
080302	ANCAHUASI	ANCAHUASI
080303	CACHIMAYO	CACHIMAYO
080304	CHINCHAYPUJIO	CHINCHAYPUJIO
080305	HUAROCONDO	HUAROCONDO
080306	LIMATAMBO	LIMATAMBO
080307	MOLLEPATA	MOLLEPATA
080308	PUCYURA	PUCYURA
080309	ZURITE	ZURITE

(\*) Límites representados sobre las cartas nacionales escala 1:100000.



Fuente. Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial DNTDT. PCM

**Cuadro Nº 4**  
**CENTROS POBLADOS**  
**DISTRITO DE ANTA**

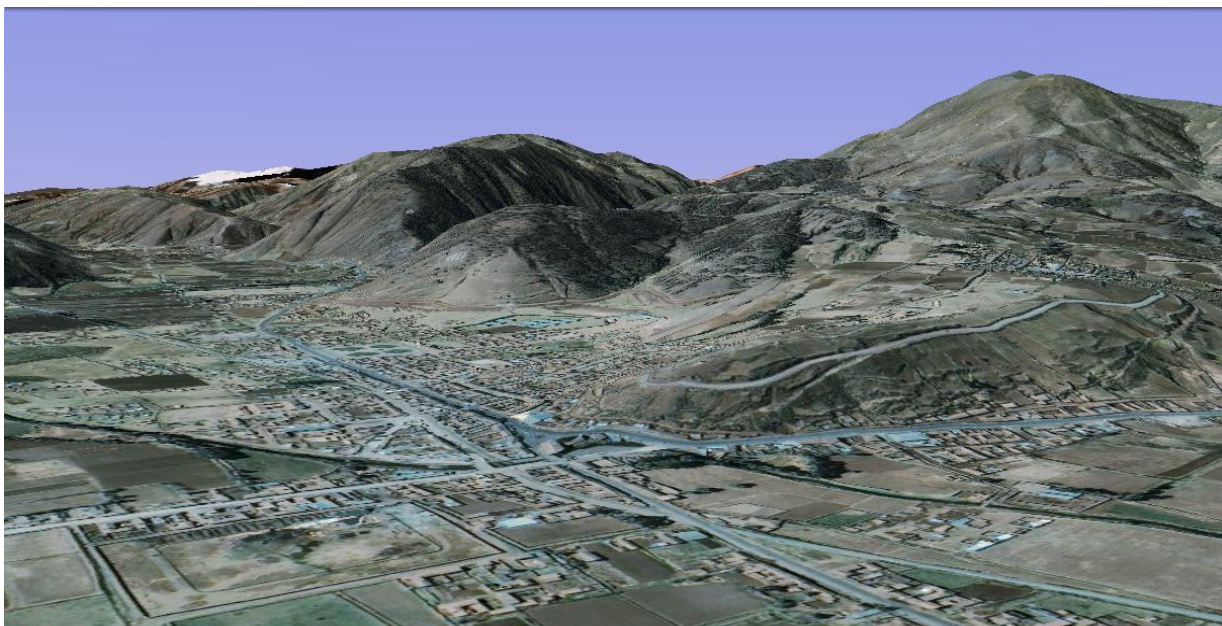
UBIGEO	Centro Poblado	Categoría	Población	Viviendas	Latitud	Longitud
0803010001	ANTA	URBANO	6652	1792	-13.46	-72.15
0803010019	HAPARQUILLA	URBANO	429	181	-13.47	-72.17
0803010024	TAMBILLO	RURAL	168	44	-13.48	-72.16
0803010025	PACCA	RURAL	394	102	-13.48	-72.16
0803010026	YUNGAQUI GRANDE	RURAL	256	82	-13.48	-72.16
0803010031	COMPONE	RURAL	385	125	-13.49	-72.22
0803010032	INQUILPATA	RURAL	412	167	-13.50	-72.19
0803010033	HUANCARPATA	RURAL	158	71	-13.50	-72.22
0803010034	ROSASPATA	RURAL	173	79	-13.49	-72.20
0803010036	CORCHACALLA	RURAL	308	104	-13.51	-72.19
0803010037	HUAYNAPATA	RURAL	326	105	-13.52	-72.20
0803010039	CCASACUNCA	RURAL	565	189	-13.52	-72.11
0803010040	MANTOCLLA	RURAL	291	59	-13.55	-72.17
0803010044	LOS LICENCIADOS	RURAL	247	70	-13.49	-72.22
0803010045	LAS FLORES	RURAL	200	59	-13.49	-72.22
0803010002	AGUA DULCE	RURAL	374	114	-13.42	-72.13
0803010003	SANTIAGO	RURAL	351	117	-13.42	-72.13
0803010004	CHICLLAPUCYO	RURAL	300	110	-13.43	-72.12
0803010005	SANTA ANA	RURAL	435	185	-13.43	-72.12
0803010006	PACARHUAYLLA	RURAL	339	85	-13.43	-72.16
0801030007	CHACAN CHICO	RURAL	189	56	-13.43	-72.13
0803010008	LUCRE ACCONHUAYLLA	RURAL	300	87	-13.44	-72.13
0803010011	PIÑANCCAY	RURAL	302	73	-13.44	-72.16
0803010012	MARKJO	RURAL	497	242	-13.45	-72.19
0803010013	KEHUAR	RURAL	64	223	-13.44	-72.14
0803010015	MOSOCLLACTA	RURAL	220	68	-13.45	-72.17
0803010017	CHACACURQUI	RURAL	159	58	-13.46	-72.15
0803010018	OCCORURO	RURAL	202	69	-13.46	-72.17
	POBLACIÓN DISPERSA		1481	542		

FUENTE: Dirección de Cartografía del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. Censo 2007

## 3.2 Aspectos Físico Geográficos

### 3.2.1 Fisiografía y Relieve

Anta-Izcuchaca está conformada por depresiones de pampas lacustres, llanura aluvial correspondiente al río Cachimayo, enmarcadas en su lado norte, este y sur por laderas y colinas medias y altas. En el perímetro sur del área urbana el relieve está conformado por conos deyección de quebradas menores que llegan al río Cachimayo. Localmente existen cárcavas y cauces erosivos que se desarrollan en las laderas sur del área rural del ámbito de estudio.



Ciudad de Anta-Izcuchaca: Fisiografía de pampas lacustres y llanuras aluviales del río Cachimayo. Colinas medias y altas, conos de deyección y cauces erosivos.

### 3.2.2 Hidrografía

El sistema hidrográfico dentro del cual se ubica la ciudad de Anta-Izcuchaca corresponde al sistema hidrográfico del río Cachimayo que llega a la ciudad por su lado este irrigando las áreas agrícolas de las pampas de Anta así como del entorno urbano.

El sistema hidrográfico principal al que se articula corresponde a la Cuenca del río Apurímac.



### 3.2.3 Topografía y tipo de suelo

Los suelos de la ciudad de Anta-Izcuchaca son lacustres de limo inorgánico de baja plasticidad, modelado en topografías de pampas ligeramente inclinadas hacia el sistema hidrográfico principal del río Cachimayo, con cotas topográficas que van de 3,340 a 3,500 msnm. Además se presentan superficies topográficas colinosas y laderas de pendientes medias y altas.



Ciudad de Anta-Izcuchaca: Topografía colinas y depresiones con cotas topográficas de 3,340 a 3,500 msnm en el ámbito de estudio de la ciudad.

### 3.2.4 Clima

La Pampa de Anta se caracteriza tener precipitaciones anuales promedio de 700mm, mientras sus temperaturas medias anuales varían en promedio 12 ° C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas. Estas características hacen que la zona sea propicia para el desarrollo de la actividad pecuaria.



## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIOS BÁSICOS**

#### **4.1 Geología Del Área De Estudio**

##### **Generalidades**

La zona de la ciudad de Anta – Izcuchaca y la cuenca de los ríos Chacllanca y Colorado, están formadas en su mayoría por unidades geológicas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, calizas, yesos) de las formaciones, Maras, Sonco, Chinchero, San Sebastián y Kayra, rocas ígneas volcánicas, tobas, de la formación Anta, estas formaciones se encuentran en muchas zonas cubiertas por suelos eluviales y coluviales, los cauces de los ríos y sus riberas están cubiertos por suelos aluviales y conos de deyección.

Geomorfológicamente la ciudad de Anta - Izcuchaca los poblados del distrito están asentados en una depresión o altiplano formado por sedimentación y evaporación lacustre y un posterior modelamiento fluvial en piso de valle y en laderas.

El área de estudio tiene una actividad geodinámica media, que pone en riesgo a algunas zonas del área de estudio; se caracterizaron derrumbes pequeños, erosión de causes y procesos de formación de cárcavas, esto se debe, a la presencia de rocas sedimentarias de poca consolidación y poca resistencia al intemperismo, laderas de media a alta pendiente y principalmente a la alta intensidad pluvial de la zona.

##### **Objetivos Particulares**

Dentro de los objetivos particulares dentro de área de geología se pueden mencionar los siguientes:

- Evaluar y caracterizar la conformación de las rocas y suelos del basamento, su composición, distribución, ordenamiento estructural, resistencia al intemperismo, etc.
- Describir las geoformas en que las rocas y suelos se ordenaron, frente a la acción erosiva de los ríos, vientos y glaciares.
- Describir la configuración estructural que las rocas presentan frente a la acción geotectónica y sísmica.
- Describir, caracterizar y evaluar los fenómenos geodinámicos para poder predecir su comportamiento.
- Realizar el mapa de peligros geológico – geodinámico y brindar recomendaciones de obra con el fin de prevenir y mitigar los peligros que ponen en riesgo a la ciudad de Anta-Izcuchaca, sus centros poblados, carreteras, sistemas de riego, puentes, áreas de cultivo, etc.

#### 4.1.1 Geomorfología

##### Geomorfología Regional

Regionalmente la cuenca se ubica en la Cordillera Oriental y en la Depresión de Anta que está cortada por el río Cachimayo con dirección Este-Oeste, desarrollando en su recorrido geformas y relieves variados ( ver plano geomorfológico). A continuación se describen las unidades geomorfológicas de la cuenca de los ríos Chacllanca y Colorado. **Mapa N° 03**

##### A) Cordillera Oriental

Esta unidad geomorfológica tiene un rumbo paralelo a la línea de la costa peruana, en la zona sur del Perú la cordillera oriental presenta picos elevados y relieve abrupto (sistema de nevados Ausangate – Salcantay) la formación de esta cordillera se inicia durante el tectonismo Herciniano (Devónico) sobre un basamento Pre Cámbrico, el levantamiento fue controlado por fallas regionales longitudinales. Esta unidad presenta diferentes geformas las cuales se describen a continuación.

##### a).- Laderas de mediana pendiente.-

De pendiente moderadamente empinada de 25% a 50%; se distribuyen generalmente en el área de la parte media a baja de la microcuenca ubicadas al sur de la ciudad de Anta - Izcuchaca, disectada por quebradas y cárcavas, son formas de terreno que se ubican al pie y laderas de montaña, con topografía ondulada suave, áreas de origen coluvial, depósitos residuales de rocas sedimentarias lutitas, areniscas y tobas que alternan con afloramientos rocosos del substrato geológico más recientes. La erosión actual está ligada a la escorrentía superficial, la erosión de estas es severa, observándose áreas de cárcavas de difícil control.

##### b).- Laderas de alta pendiente.-

Relieve de terrenos de topografía moderadamente accidentada con pendientes de 50% a 75%; están distribuidas en las laderas de las montañas, constituidos por terrenos de rocas sedimentarias, predominando afloramientos rocosos de areniscas con intercalaciones de limoarcillitas rojizas, poco resistentes a la acción erosiva, con erosión actual severa. Se ubican en las márgenes de los ríos.

##### B) Depresión Interandina de Anta

Es una depresión alargada de dirección WNW-ESE, que tiene una longitud aproximada de 30 km. Esta depresión es amplia en la parte central, donde alcanza los 10 km de ancho, en tanto que hacia los extremos se angosta y se cierra. Es una zona bastante plana situada entre los 3300 y 3400 msnm. El material de relleno es principalmente fluvio-lacustre del Pleistoceno medio al Holoceno, constituye una zona de pastizales y tierras de cultivo.

La depresión está atravesada por el río Cachimayo de SE a N y el río Pitumayo de NW a SE, los que se juntan para formar el río Huarcocondo, que se dirige al norte y desemboca en el río Vilcanota. En esta unidad limita al sur con la Meseta de Chinchaypucyo, al NE con la Pampa de Piuray-Maras, al NW con las vertientes de las montañas de Huayanay a través de una falla E-W y al Oeste con la depresión de Limatambo.

La superficie plana de la depresión se halla interrumpida por algunas lomas intermedias, las cuales están constituidas por afloramientos de lutitas y yesos de la formación Maras y por un cuerpo volcánico tobáceo.

## **Geomorfología Local**

El área donde se asienta la ciudad de Limatambo es una parte de la unidad geomorfológica llamada depresión de Limatambo a continuación se describen las geoformas que conforman el paisaje de la ciudad de Limatambo **Mapa N° 04:**

### **a).- Terraza Baja.-**

Esta zona está conformada por la parte más baja de la depresión de Anta, la topografía es plana con ligeras pendientes de hasta 2%, está cortada por y profundizada por el río Cachimayo el cual presenta poca erosión u transporte de sólidos.

Existen zonas de depósitos aluviales ubicados en la franja de piso de la microcuenca, con topografía llana a ligeramente inclinada; formado por acumulaciones de arrastre de materiales en época de lluvias, acumulados desde fines del Pleistoceno hasta ahora, conformada por gravas, arena, limo y arcillas. Con erosión ligera, en las riberas de los ríos en épocas de fuerte precipitación, constituyendo niveles de terrazas fluviales de sedimentos, con superficies de relieve suave, pendiente de 4% a 8% regular ha moderadamente inclinado.

### **b).- Conos Aluviales.-**

Ubicados en las partes bajas de las laderas en ambos márgenes del río Cachimayo, con pendiente inclinada, caracterizadas por su geoforma, originados por la erosión del arrastre y acumulación de material coluvial y aluvial adoptando las formas de conos, que se ubican en las partes medias y bajas de las laderas de las montañas y colinas.

### **c).- Colinas.-**

Presentan menor altitud que las montañas que sobresalen de la planicie, con pendientes de 8% a 25% (laderas de medianamente inclinado a moderadamente empinado), cuyas altitudes varían de (3370 a 3500 msnm). Son relieves de poca altura, están distribuidas aisladamente en el área y la morfología se ubica en su mayoría en la formación Maras (limoarcillitas y areniscas caóticas con calizas). Estas colinas se ubican en la zona de Chacacurqui al norte de la ciudad de Izcuchaca.

Esta unidad es utilizada en la agricultura sin embargo, la tala indiscriminada de la cobertura protectora de sus laderas, viene provocando procesos erosivos.

### **d).- Pampas.-**

Comprenden los depósitos fluvio aluvionales y lacustres de relieve plano inclinado y depresiones con desarrollo de suelos limosos inorgánicos.

## **4.1.2 Geología**

Se describe las formaciones geológicas existentes:

### **Estratigrafía**

Como marco geológico regional, adyacente al área de estudio, se observan unidades geológicas cuyas edades varían desde el Paleozoico hasta el Cuaternario reciente.

Teniendo de manera generalizada un basamento metamórfico de edad Paleozoica, constituida por la Formación San José; sigue sobreyaciendo una unidad de edad Permo-triásica formada por el Grupo Mitu; el cual marca el fin de la tectónica Herciniana, sobreyace en discordancia erosional al Grupo Copacabana como consecuencia de la tectónica Tardiherciniana; esta unidad está formada por sedimentos Vulcano – sedimentarios, seguida del Grupo Yuncaypata conformada por limolitas rojas, areniscas, yesos y calizas de origen marino y evaporítico; sobre yaciendo a este grupo están las unidades de edad Paleógeno formados por las Series Rojas y el Grupo San Jerónimo que están constituidas por rocas sedimentarias en secuencias alternas de lutitas, areniscas y conglomerados de origen fluvial, finalizando en formaciones lacustres y palustres del Pleistoceno al Holoceno.

## **GRUPO YUNCAYPATA**

Anteriormente definido como Formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), el nombre deriva de la localidad de Yuncaypata que se ubica a 5 km al norte del Cusco. Posteriormente se la eleva al rango de grupo.

El grupo Yuncaypata está constituido por las formaciones Paucarpata, Maras, Ayabacas y Puquin, en la zona de estudio solo aflora la formación Maras. Consiste en Limolitas rojas, areniscas finas, yesos, calizas y sal, de origen marino – evaporítico.

### **a).- Formación Maras (Ki-ma).-**

Aflora ampliamente en la pampa de Piuray-Maras en las zonas de Chacan y San Cristóbal de Lluscana (Noreste de la ciudad de Anta – Izcuchaca), también aflora en la parte norte de Izcuchaca en la zona se Chacacurqui. La edad de la Formación Maras es asumida como Albiana media, en base a su posición estratigráfica, sus correlaciones y por infrayacer a las calizas Ayavacas del Albiano superior-Turoniano, del periodo Cretácico inferior del la era Mesozoica.

La Formación Maras, sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba, cuyos afloramientos se presentan de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, lutitas y escasamente calizas, producida por la deformación de los diapiros de yeso; cuyo grosor total de esta unidad se estima entre 100 a 200 m., y en otros lugares puede pasar los 400 m., debido a efectos tectónicos y diapíricos.

Litológicamente consiste en yeso, anhidritas con calizas, limoarcillitas y areniscas caóticas, y algunos niveles de calizas de 3 a 7 m., de grosor, las lutitas serian de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas transgresivas.

## **GRUPO SAN JERÓNIMO**

### **a).- Formación Kayra (Peo-ky).-**

En la zona de estudio aflora en mayor dimensión que la formación Soncco, Al sur de la ciudad de Izcuchaca y como basamento de la ciudad de Anta, cubierta por la formación Chinchero, también aflora en la margen derecha del la quebrada Casacunca.

Está constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas, desarrollado en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación, la parte media superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado, la formación acaba con facies arenopelíticas de llanura de inundación y canales divagantes.

A la formación Kayra la edad de ~52 Ma a ~42 Ma., Eoceno inferior – Eoceno medio superior del periodo Paleógeno de la era Cenozoica.

#### **b).- Formación Soncco (T-cmd).-**

Aflora al sur este de la ciudad de Anta – Izcuchaca, en la margen izquierda de la quebrada Casacunca.

La Formación Soncco sobreyace concordante a la Formación Kayra. La parte inferior está compuesta por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas y la parte superior está compuesta por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazado.

Se le asigna una edad de ~42 Ma a ~30 Ma, Eoceno medio superior – Oligoceno inferior, del periodo Paleógeno de la era Cenozoica

#### **c).- Formación Anta**

Aflora ampliamente en el borde norte de la meseta de Chinchaypucyo entre Anta y Limatambo. Esta unidad sobreyace en discordancia indistintamente sobre el Grupo Yuncaypata, las formaciones Quilque y Chilca, el Grupo San Jerónimo o sobre intrusivos del Batolito Andahuaylas – Yauli. En la zona de estudio aflora al sur de la ciudad de Anta - Izcuchaca

Esta formación está compuesta por conglomerados con clastos esencialmente volcánicos intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas rojas y además algunos niveles de brechas y aglomerados volcánicos.

Está dividida en 4 secuencias. La primera secuencia (170 m.) es decreciente y está compuesta por conglomerados de conos aluviales con clastos volcánicos que llegan a los 40 cm. La segunda secuencia (400 m.) es grano decreciente y está compuesta por conglomerados en la base de secuencias menores, que gradan a areniscas feldespáticas; se trata de depósitos fluviales. La tercera secuencia (500 m.) y la cuarta secuencia (250 m.) son también decrecientes y muy parecidas a la segunda secuencia. La particularidad de estas tres últimas secuencias, es que globalmente se hacen crecientes hacia el techo. Internamente se han encontrado discontinuidades y discordancias, que son interpretados como efectos tectónicos sin sedimentarios. El espesor de la unidad es mayor a 1300 m., (Figura. 5).

Respecto a la edad, esta formación no ha proporcionado fósiles y sus relaciones con las rocas supra yacentes e infra yacentes son relativamente claras. La formación Anta muy posiblemente es posterior a la formación Punacancha, por lo que su edad sería del Mioceno inferior-medio del periodo Neógeno de la era Cenozoica y estaría en relación con el evento tectónico Inca Quechua 1 (Chávez, 1995).

#### **d).- Formación Chincheros.-**

Aflora escasamente en la zona sur de Izcuchaca y la ciudad de Anta se asienta sobre las rocas de esta formación.

La Formación Chincheros está formada por una secuencia fluvio torrenciales. Su composición litológica y color es a veces confundida, con un conjunto caótico bastante deformado del Grupo Yuncaypata. Está constituido de arenas, gravas que tienen una matriz arcillo-arenosa. En general, los diferentes elementos clásticos que componen esta formación provienen de la erosión del Grupo Yuncaypata, es decir calizas, yesos y lutitas de diferentes colores.



Esta unidad reposa sobre una topografía diferenciada y en discordancia angular sobre el Grupo Yuncaypata en alrededores de la laguna de Huaypo, y sobre las capas rojas del Grupo San Jerónimo al sur de la ciudad de Anta - Izcuchaca.

Se le asigna una edad Pliocena del periodo Neógeno de la era Cenozoica.

#### **e).- Formación San Sebastián.-**

Aflora ampliamente en la zona de estudio y constituye el piso de la Pampa de Anta sobre la cual se asienta la ciudad de Izcuchaca, Puyjura y los poblados de Pacca, Aparquilla, Ocururo, etc.

La formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916), se ubica en la Depresión de Anta. Esta presenta una superficie bastante plana sobreyaciendo generalmente a la formación Chincheros.

Esta unidad está caracterizada por formar dos secuencias (Cabrera, 1988), la primera grano decreciente, está constituida por secuencias de areniscas fluviales de canales entrelazados deltaicos, y lutitas lacustres y palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de cono-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca. Este cierre está mostrado por la presencia de estructuras comprensivas sedimentarias (Cabrera, 1988). A 2 km. Al norte de la localidad de Anta (Ramírez, 1958) encontró dientes y fémures de las familias Équido y Meghatherido, en tanto que Cabrera (1988) halló la columna vertebral de un perezoso gigante y el maxilar de un equino. Todos estos fósiles estudiados, sugieren una edad Pleistocena inferior para la formación San Sebastián.

#### **f).- Depósitos Aluviales.-**

Dentro de estos depósitos, se ha considerado los conos aluviales como los de deyección. quienes están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes al río Cachimayo, los que están conformados por bloques y fragmentos de rocas de los afloramientos adyacentes a dichas quebradas, envueltos por una matriz areno-arcillosa.

Las mejores exposiciones de estos depósitos aluviales, se puede observar en las quebradas Corimarca, Suaray, Jatunmayo, al norte de meseta de Chinchaypucyo y al pie del cerro San Cristóbal, al sur de Anta.

#### **g).- Depósitos Fluviales.-**

Estos depósitos son los transportados por los ríos, los cuales están restringidos a los pisos de valles; están constituidos por capas de arena y grava, formando terrazas, estos depósitos fluviales pueden ser pre y post a los depósitos aluviales. La exposición de estos depósitos, se observa en el piso de la microcuenca Cachimayo, así como también en los principales afluentes de esta microcuenca.

#### **h).- Rasgos Estructurales.-**

La Geología Estructural de la zona de estudio se caracteriza por presentar una actividad tectónica, las estructuras especialmente las fallas que rodean la zona de estudio afectan directa e indirectamente a la reactivación de fenómenos de geodinámica externa y estos asociados a otros factores como las intensas precipitaciones, son los que intensifican a un mas la magnitud de los fenómenos de geodinámica externa.

A escala regional las principales estructuras, se describen como un sistema de fallas de dirección NW-SE.

La región del Cusco, se encuentra caracterizada por una evolución tectono-sedimentaria plio-cuaternaria, localizada a lo largo del sistema de fallas que limita las Altiplanicies de la Cordillera oriental. Este sistema de fallas activas es producido por una extensión N-S y está caracterizado por escarpas pleistocenas (400 m. de altura) y por pequeñas escarpas holocenas (2 – 20 m. de altura) (Cabrera, 1988). La región caracterizada por una importante actividad sísmica cortical, presenta muchos sectores de fallas normales activas. Se considera como activa una falla que ha experimentado una o varias reactivaciones holocenas (es decir, los últimos 10000 años).

Las principales fallas de la zona de estudio se describen a continuación:

La falla de Zurite, tiene 26 kms., de extensión aproximadamente, es una falla E-W, separa la depresión de Anta con la Cordillera Oriental. El bloque norte está compuesto por las rocas del Grupo San Jerónimo y el sur por la cobertura Meso-Cenozoica, que es el bloque hundido. Esta falla ha jugado antiguamente como falla de rumbo sinextral e inversa, pero durante el Cuaternario como normal. Pequeños escarpes de dirección N100-N115° y de buzamiento 60 a 70°S, caracterizan la actividad reciente de la falla que afecta depósitos aluviales y morrénicos de edad cuaternaria.

La falla Casacunca con dirección NW-SE y un buzamiento al NE, ubicada hacia el sureste de la localidad de Anta. Caracterizado por pequeños escarpes y muestra un movimiento normal. Hacia el piso de esta falla, por reactivaciones y en zonas de debilidad, se encuentran fallas subsidiarias con dirección paralela o casi paralelas. Esta falla afecta los depósitos cuaternarios y los volcánicos Tacaza, produciendo con estos deslizamientos, diaclasamientos y presencia de filtraciones de agua a manera de falsos manantes que amenazan viviendas, terrenos de cultivo e infraestructura vial en la comunidad de Kasacunca.

### **4.1.3 Geodinámica**

#### **Geodinámica Interna (Sismicidad)**

La sismicidad del territorio peruano está ligada al proceso geotectónico de subducción. Los sismos de la región sur del Perú se enmarcan dentro de la sismicidad ocasionados por un sistema de fallas locales. Los epicentros en la zona sur son mayormente continentales.

De acuerdo al Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Alva Et Al-1984), en la zona de estudio se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VIII grados en la Escala Modificada de Mercalli, Intensidad que debe ser considerada en el cálculo de los diseños de las estructuras planteadas en los proyectos. (Ver mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú).

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.28 g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% como se muestra en el mapa de isoaceleraciones. (Ver mapa de isoaceleraciones del Perú)

El riesgo sísmico está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta

información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del estudio son:

Periodo de retorno (años)	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

De acuerdo a la Norma Sismo resistente, E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones la zona de estudio tiene los siguientes parámetros para una zonificación sísmica según RNC: (ver mapa de zonificación sísmica del Perú.)

Zona:	2	Mapa de zonificación sísmica
Coefficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coeficiente sísmico
Factor de zona (Z)	0.3	Tabla 1
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Período predominante.
Perfil tipo de suelo	S <sub>2</sub>	Suelos gravosos de moderada capacidad de carga

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica es determinada por la siguiente relación:

$$H = \frac{Z \times U \times S \times C \times P}{R}$$

Donde:

Z = Factor de zona. (Tabla 1, Norma E 030)

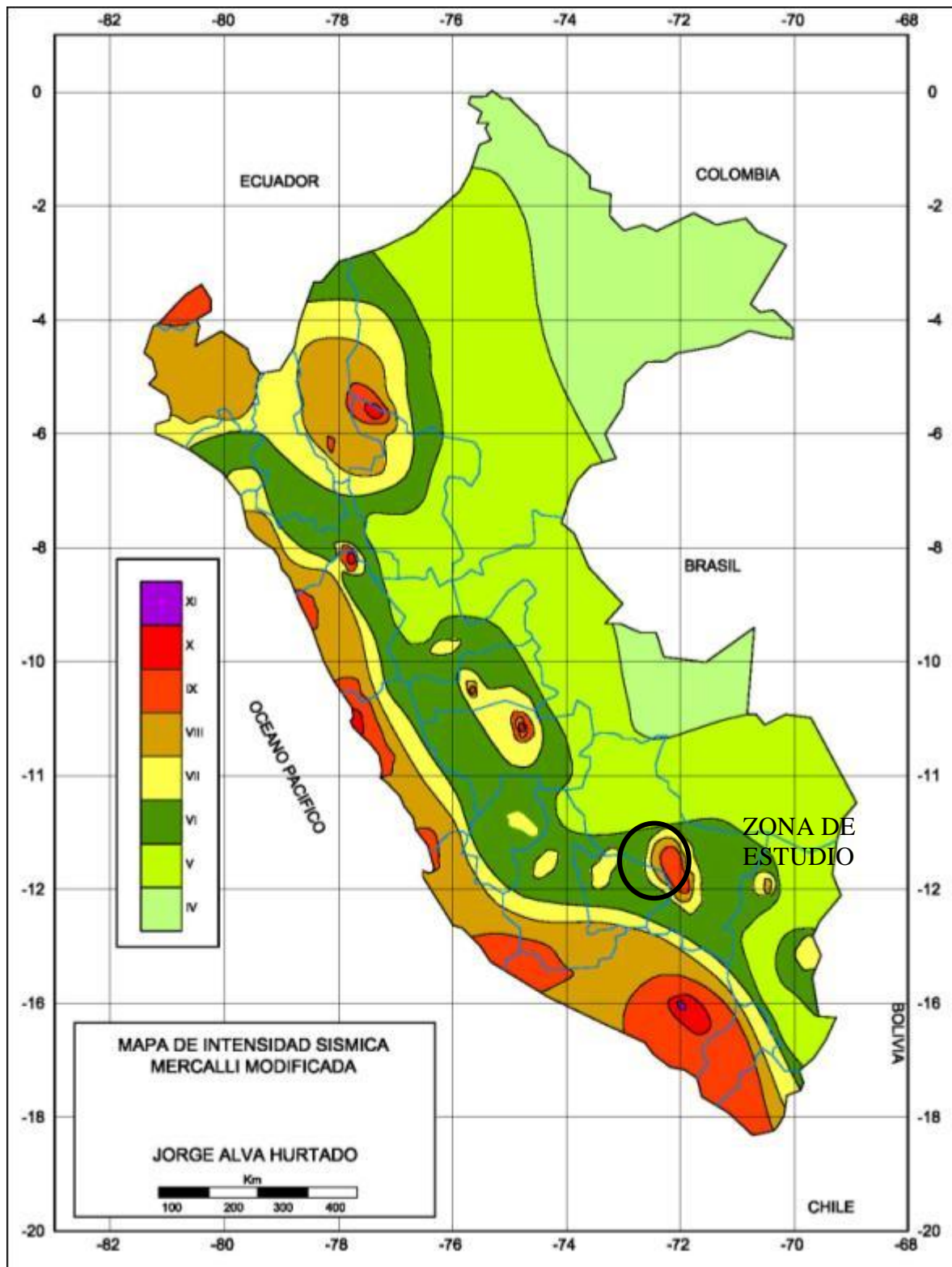
U = Factor de uso. (Tabla 3, Norma E 030)

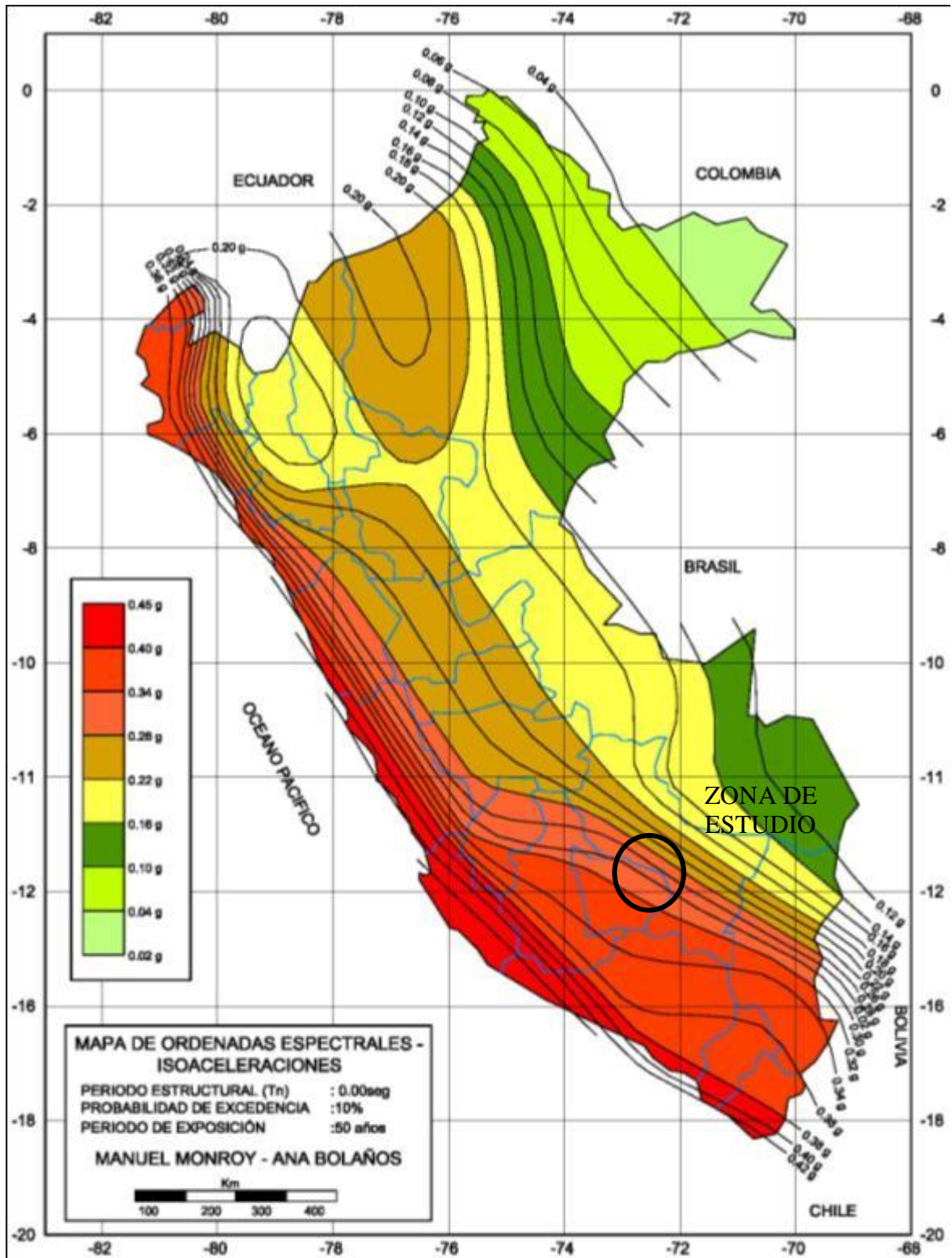
S = Factor de Suelo. (Tabla 2, Norma E 030)

C = Coeficiente sísmico. (Artículo 7 y 17, Norma E 030)

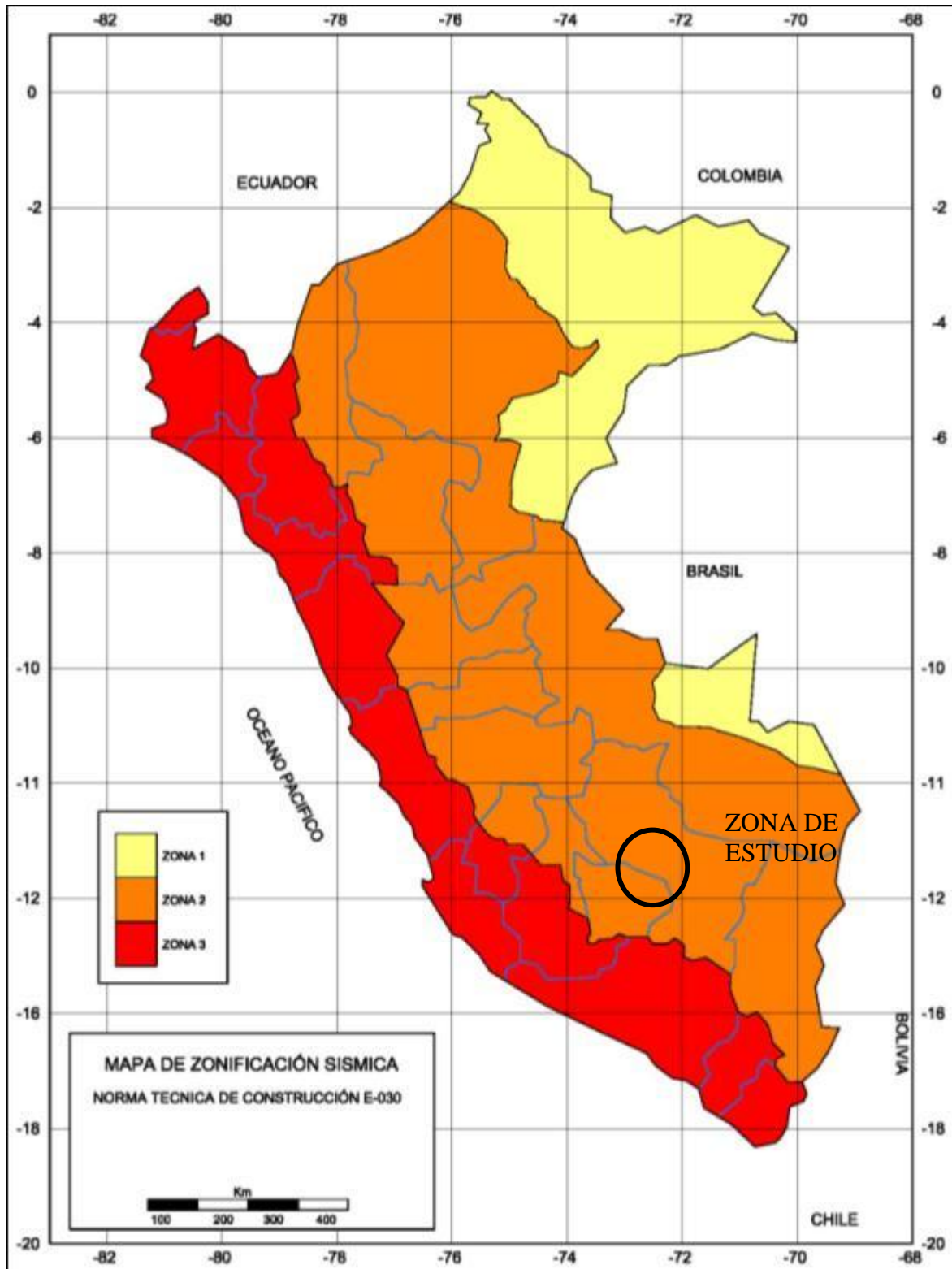
P = Peso de las estructuras.

R = Coeficiente de Reducción (Tabla 6, Norma E 030)









## **Geodinámica Externa**

En el mapa geodinámico de la Cuenca se han mapeado los fenómenos detectados e identificados en campo, observando claramente que estos procesos se han generado mayormente en la Unidad Geomorfológica denominada "laderas de moderada pendiente.

En la zona de estudio predomina la unidad geomorfológica de planicie con algunas colinas y laderas de moderada pendiente, por ello, la actividad geodinámica es limitada, escasa y de baja intensidad.

En la zona se han desarrollado los fenómenos geodinámicos siguientes: **Mapa Nº 05**

### **a).- Derrumbes de roca.-**

Son movimientos de rocas fracturadas de pocos metros de altura por cortes de talud casi vertical de origen antrópico, suelen tener menor dimensión que los deslizamientos y la masa desplazada es superficial.

Este fenómeno se desarrolló en el pie de ladera ubicada al sur de la ciudad de Izcuchaca, en la margen izquierda del Jr. Jaquijahuana (Carretera Cusco – Abancay) entre el mercado de Izcuchaca y el antiguo centro de Salud de Izcuchaca, con un largo aproximado de 600m.

Las causas principales de estos derrumbes son el grado de alteración de la roca caudada por el tectonismo e intemperismo y los cortes de talud realizado por los pobladores para edificar sus viviendas, las que aunadas a la fuerte precipitación pluvial ponen en alto peligro a las viviendas al pie de ladera

En general se recomienda construir un muro de protección con drenaje superficial y canales de coronación para la evacuación de las aguas pluviales.

### **b).- Cauces Erosivos.-**

La acción erosiva de los ríos y quebradas, que discurren sobre el terreno, producen socavación lateral y de fondo sobre sus cauces y márgenes dando lugar a la formación de derrumbes y deslizamientos continuos y alineados al cauce.

En general, en la zona de estudio se evidencia dos tipos de erosión de cauces:

La primera en las geoformas de laderas de mediana pendiente y en las colinas, en las cuales predomina la erosión de fondo, originando pequeños derrumbes en los márgenes, esto es en las quebradas Suray (afluente izquierdo del río Casacunca), quebradas Casauno, Quehuesambo y Motoque es sus nacientes y cauce medio, También las quebradas que discurren hacia el río Cachimayo desde el cerro Atara, ubicado en la zona este de Izcuchaca.

El otro tipo de cauce erosivo se desarrolla en la parte baja de la pampa de Anta, predomina la erosión lateral debido a la baja pendiente por la que discurren los ríos y el moderado caudal que presentan, el ejemplo más claro es el del río Cachimayo, que en ciertos tramos presenta erosión lateral produciendo pequeños derrumbes de tierra, en menor intensidad ejerce esta erosión el río Casacunca y las quebradas Tantanay, Cajauno, Quehuesambo, Motoque y Suray en sus cauces bajos.

Se recomienda el control de esta actividad con la construcción de diques transversales a lo largo de las áreas de alto peligro y la protección de ambos márgenes con muros de protección con gaviones y/o enrocados acomodados para evitar la actividad de las áreas propensas a deslizamiento.

### **c).- Quebradas erosivas ( cárcavas ).-**

Estos fenómenos se desarrollan en quebradas secas, por efecto de la intensa escorrentía de aguas pluviales que produce erosión fuerte, formando depresiones retroprogresivas, es decir que la erosión avanza aguas arriba, este fenómeno se activa en el periodo de precipitaciones pluviales y está relacionado al intenso fracturamiento y meteorización de la roca, deforestación y al perfil longitudinal de pendiente fuerte a muy fuerte de la cárcava.

En la cuenca se han detectado numerosas quebradas erosivas que se caracterizan por presentar perfiles longitudinales de pendiente muy fuerte y ser temporales, activadas por las intensas precipitaciones pluviales que han originado una intensa erosión regresiva (la erosión avanza aguas arriba) que ocasiono derrumbes y deslizamientos en ambos flancos.

Las zonas que presentan estos fenómenos son: la quebrada Cajauno en la cual se ubican un sistema de tres cárcavas en la margen derecha y uno en la margen izquierda, ambas ubicadas al sur de la ciudad de Anta; dos cárcavas en la ladera izquierda del río Casacunca; un sistema de varias cárcavas en la ladera sur del cerro Atara (margen derecha del río Cachimayo); tres cárcavas en la zona de San Cristóbal de Lluscana al norte de Izcuchaca; tres cárcavas en la margen izquierda de la quebrada Tantanay; por último un sistema de seis cárcavas en las laderas del cerro Acahuayllay.

Se debe controlar su actividad se recomienda limpiar el cauce (árboles caídos, bloques de roca etc.) para que el agua circule libremente; así mismo se protegerán las zonas con la siembra de plantas nativas de raíz profunda y poco peso.

### **d).- Laderas inestables**

Vienen a ser las laderas de pendiente moderada las que están constituidas por suelos limo arcillosos y yesos de la formación Maras, propensos a derrumbes, deslizamientos y formación de cárcavas por la precipitación pluvial, baja consolidación de suelos y escasa cobertura vegetal.

Las zonas de laderas inestables son las faldas del cerro Atara al este de la ciudad de Izcuchaca (Margen derecha del río Cachimayo) y los flancos de la quebrada Tantanay al norte de Izcuchaca en la zona de Chacan.

Para minimizar el riesgo de estas laderas inestables y erosivas se recomienda la re vegetación con pastos o forestación con arboles nativos o exóticos.

## **4.2 Peligros Geológicos**

### **4.2.1 Evaluación de Peligros Geológicos de Geodinámica Interna (Peligros Sísmicos)**

A lo largo de todos los Andes peruanos se observan fallas activas que son causa de los esfuerzos que produce la subducción sobre la Placa continental Sudamericana. Es así, en la región del Cusco se ubican dos sistemas de fallas activas importantes, sistemas de fallas que podrían estar relacionadas con sismos de magnitudes variables ocurridos en los años 1581, 1590, 1650, 1707, 1744, 1746, 1905, 1928, 1941, 1943, 1950, 1965, 1980 y 1986 (Esquivel y Navia, 1775 & Silgado, 1978). La región del Cusco, es una región de alta sismicidad, debido al sistema de fallas existentes en el área, por lo tanto está expuesta a un peligro sísmico; En la



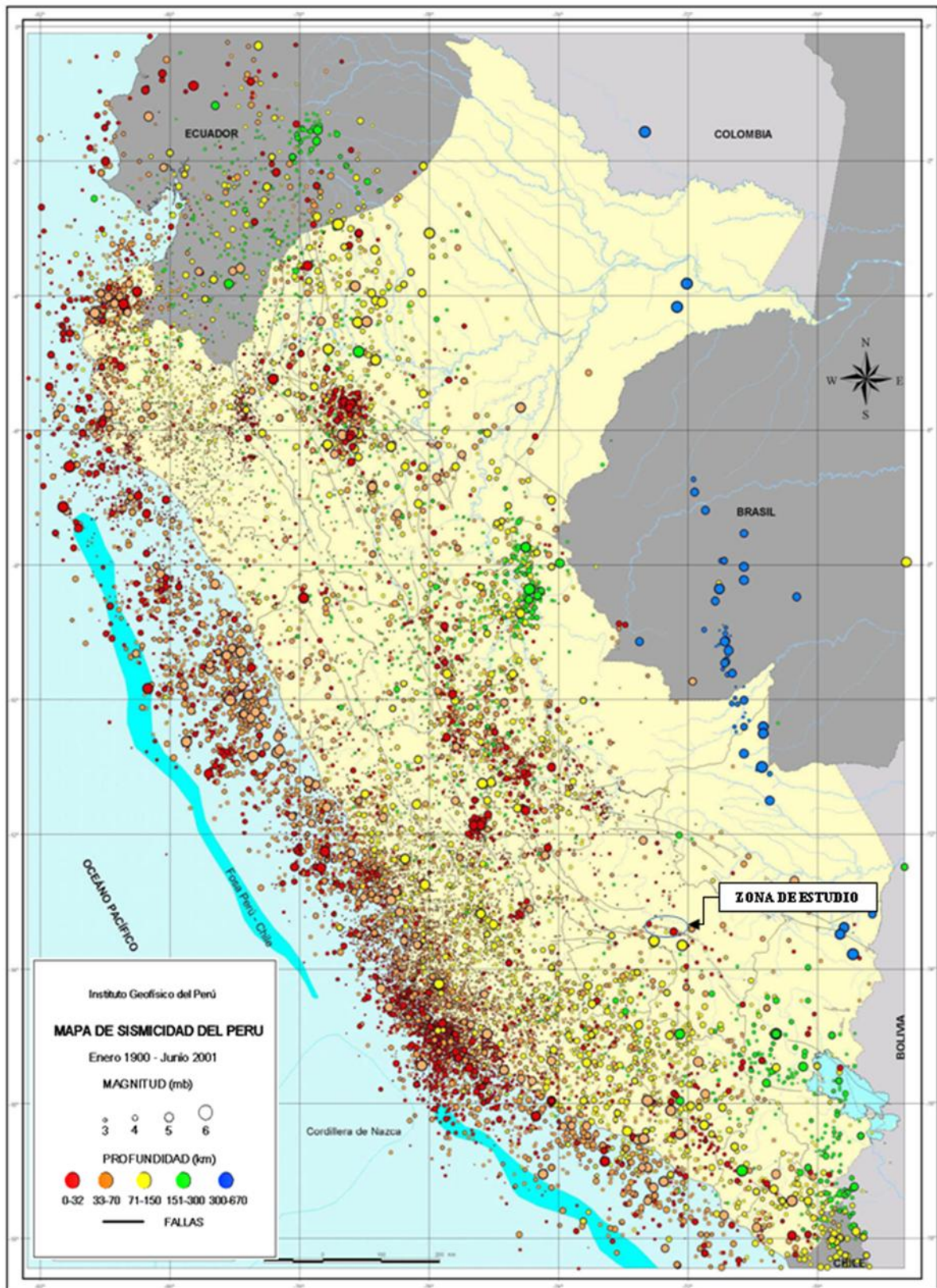
actualidad se cuenta con una relación de sismos compilada a partir de los últimos 30 años de instrumentación sísmica realizada por el Instituto Geofísico del Perú y de crónicas históricas donde mencionan la ocurrencia de grandes sismos.

Teniendo en cuenta las características geológicas y geomorfológicas de la zona, circunscrito dentro del levantamiento andino, y la información sísmica registrada por el Instituto Geofísico del Perú. El registro cronológico de la actividad sísmica en la región (1581 – 1994), demuestra que la zona de estudio se encuentra ubicada dentro del área sísmicamente activa, donde ocurrieron movimientos sísmicos que causaron daños materiales en los departamentos de Apurímac y Cusco.

Del análisis del mapa de sismicidad del Perú, el área del estudio, tectónicamente se ubica en la parte interior de una flexión de la cordillera Oriental, a partir de lo cual parece iniciarse una zona de Transición Sismotectónica que separaría regiones sismotectónicas al norte y sur con sus características geofísicas y geológicas algo diferentes y se halla ubicada entre los paralelos 13° y 14° de latitud sur (Deza, 1972). Esta zona de transición coincide parcialmente con lo que también se conoce como la Deflexión de Abancay. La zona de transición parece estar definida por numerosos alineamientos E-W, (Cabrera, 1988), de los primeros análisis epicentrales de sismos ocurridos, también en la zona de estudio existen hipocentros muy superficiales (0-32 Km) y superficiales (33-70 Km), con magnitudes de 4 a 5 mb (milibares). Los sismos que se presentan al sur de la microcuenca Cachimayo, son abundantes y de carácter intermedio (71-300 Km.), se relaciona con una estructuración de bloques (Deza, 1985; Ascue, 1997).

En general los sismos de esta área por su origen, son de carácter tectónico y pueden estar catalogados en dos categorías:

- Sismos intraplacas con profundidades mayores a 70 Km. relacionados con la interacción de las placas de Nazca y Sudamérica.
- Sismos intraplacas, con profundidades menores a 70 Km. relacionada a una estructuración intraplaca en bloques, ligadas a fallamiento profundos



Mapa Sísmico del Perú, fuente Instituto Geofísico del Perú.

### a).- Registro Sísmico Local Y Regional

En la región del Cusco hay un sistema de fallas importantes como Tambomachay, Qoricocha, Zurite – Limatambo, Pisac, Pomacanchis, Urcos, Acomayo, Pampamarca, Langui, Capacmarca, Pachatusan, Paucartambo, Yauri; los epicentros de los sismos de los últimos 10 años se emplazan en las zonas de las fallas geológicas, lo que nos demuestra que el sistema de fallas sísmogénicas son activas.

**Cuadro Nº 5**

Año	Mes	Día	Hora	Latitud	Longitud	Prof.	Magn. (Mb)	Ubicación
1999	10	17	05:03:03.20	-13.99	-71.92	10	3.5	8 km al NE de Capacmarca
1999	11	6	16:07:47.50	-13.45	-71.98	10	2.7	6 km al N del Cuzco
1999	11	27	02:32:13.10	-15.03	-71.62	10	4.8	35 km al SW de Yauri
2000	3	9	14:37:10.80	-13.70	-72.11	10	3.4	26 km al S de Anta
2000	4	7	21:16:13.10	-11.27	-73.13	10	4.3	91 km al SE de Atalaya
2000	9	21	15:30:41.10	-13.33	-72.07	10	3.1	22 km al NW de Cuzco
2001	2	12	21:22:31.30	-13.48	-72.01	10	2.2	5 km al NW de Cuzco
2001	11	3	15:21:52.10	-13.61	-72.23	10	3.6	17 km al SW de Anta
2003	5	12	09:46:13.70	-13.63	-71.66	10	3.5	7 km al NW de Urcos
2003	5	16	15:36:24.50	-13.57	-72.06	10	3.0	11 km al SW de Cuzco
2003	5	18	03:49:44.70	-13.56	-71.89	10	3.5	11 km al SE de Cuzco
2003	5	25	18:54:19.50	-13.94	-72.52	10	4.5	27 km NE Chuquibambilla
2003	7	6	17:38:20.30	-13.45	-72.25	10	3.7	12 km al NW de Anta
2003	7	7	07:17:36.00	-13.36	-72.32	10	3.8	23 km al NW de Anta
2003	8	8	14:56:26.00	-14.11	-71.79	10	5.0	22 al SE de Capacmarca
2003	8	8	15:38:11.10	-14.12	-71.82	10	4.9	20 al SE de Capacmarca
2003	8	22	07:14:43.30	-13.45	-72.46	10	3.6	33 km al W de Anta
2004	6	16	14:56:19.66	-13.70	-71.31	10	2.5	33 km al E de Urcos
2005	7	11	07:40:34.17	-14.90	-72.92	10	3.2	35 km al N de Cotahuasi
2005	7	20	18:20:02.24	-13.94	-71.71	10	2.7	4km al SW de Acomayo
2005	9	5	14:22:36.16	-14.49	-71.61	10	3.8	37km al SW de Yanaoca
2006	6	1	12:04:24.85	-14.08	-72.26	10	2.9	29km SW de Capacmarca
2006	8	9	22:36:02.21	-14.39	-70.91	10	4.7	37km al S de Macusani
2006	11	13	07:49:37.00	-13.90	-71.69	10	4.7	2km al NW de Acomayo
2006	11	13	07:55:22.21	-13.83	-71.66	10	4.0	9km al NE de Acomayo
2007	9	24	02:24:55.46	-12.93	-71.61	10	3.7	43km N de Paucartambo
2009	2	15	01:02:30.08	-13.66	-71.86	10	2.7	11km al N de Paruro
2009	5	11	20:43:20.89	-13.96	-71.61	10	4.0	9km al SE de Acomayo
2009	7	2	06:10:54.00	-13.50	-72.19	10	4.0	Anta, Zurite, Huarcocondo

Catálogo sísmico, reprocesado por C. Barrientos en el IGP.

### b).- PELIGRO SÍSMICO.-

En sismología "Peligro sísmico o amenaza sísmica" es la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo. El conocimiento de esta probabilidad es importante para constructores, ingenieros y planificadores.

El objetivo del análisis de peligrosidad sísmica, es determinar cuál será el máximo sismo que pueda afectar a una infraestructura en su vida útil, o cual será el máximo sismo en un en un emplazamiento o región en un periodo de tiempo determinado. Los primeros métodos de análisis de la peligrosidad fueron deterministas, es decir, se basaron en el registro histórico de los sismos de mayor tamaño, pero pronto fueron cuestionados y reemplazados por los métodos probabilísticos, basados en los periodos de recurrencia, ninguno de estos dos métodos resulta del todo satisfactorio, pues no solo se desconocen partes esenciales de los modelos en los que

se basan, sino que los datos disponibles son insuficientes. A pesar de ello la necesidad de llegar a respuestas aceptables bajo el punto de vista práctico hacen que represente la mejor opción actual disponible.

**c).- CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN DE LA ONDA SÍSMICA E INTENSIDAD ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI.-**

Para este cálculo se utilizó el Método Determinístico, este método supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, siendo el máximo sismo ocurrido el máximo previsible. Es un proceso en que repitiendo los mismos parámetros en un evento, sabemos con seguridad absoluta si ocurrirá o no cierto resultado; se basa en la relación de daños en estructuras de sismos anteriores con la intensidad sísmica. La cantidad de datos necesarios para el análisis es incompleta para varias estructuras. Los diferentes diseños, construcciones y factores locales del suelo dan como resultado que la información existente tenga un valor limitado.

Del sistema de fallas regionales activas, la falla de Zurite - Limatambo y la falla Mollepata – Limatambo son directamente responsables de los eventos sísmicos ocurridos en la microcuenca. Utilizando el método Determinístico de Aceleración, (Steinmom, 1982), se calcula los probables daños a la infraestructura en los principales poblados de la microcuenca que son: Anta-Izcuchaca.

La fórmula de Steinmom es la siguiente:

$$A = \frac{224 e^{0.823(Ms)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

Donde:

*A* = Aceleración (1 gal = 1cm/seg<sup>2</sup>)

*Ms* = 0.89+1.341Log L

*C(M)* = 0.864e<sup>0.46Ms</sup>

*R* = Distancia del poblado a la falla (km)

*L* = Longitud de la falla (Km)

Realizado los cálculos se tiene:

**Cuadro N° 6**

CIUDAD O POBLADO	LONGUITUD DE LA FALLA (L) (Km)	DISTANCIA DE LA CIUDAD A LA FALLA (R) (Km)	MS	C(M)	ACELERACIÓN (A) (gal cm/seg <sup>2</sup> )	INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN LA ESCALA DE MERCALLI
ANTA - IZCUCHACA	26.97	14.00	2.81	3.14	26.82	VI Fuerte

Calculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en los poblados próximos a la falla Limatambo – Zurite.

Como se puede observar la predicción de la magnitud de un sismo en la escala de Mercalli en la ciudad de Anta-Izcuchaca es de VI grados en la escala de Mercalli, en el siguiente cuadro se compara la magnitud con los daños posibles daños causados.



Grado	Descripción
<b>I. Muy débil</b>	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
<b>II. Débil</b>	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
<b>III. Leve</b>	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
<b>IV. Moderado</b>	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
<b>V. Poco Fuerte</b>	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
<b>VI. Fuerte</b>	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañadas. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
<b>VII. Muy fuerte</b>	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
<b>VIII. Destructivo</b>	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
<b>IX. Ruinoso</b>	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
<b>X. Desastroso</b>	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
<b>XI. Muy desastroso</b>	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
<b>XII. Catastrófico</b>	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

#### 4.2.2 Evaluación de Peligros Geológicos de Geodinámica Externa

La cuenca del río Cachimayo en la zona donde se ubican la ciudad de Anta – Izcuchaca, está dentro de la unidad geomorfológica “Depresión Interandina de Anta”, en la cual se distinguen geoformas como Pampa o llanura de Anta, donde se asienta la ciudad de Izcuchaca, también se distingue laderas de mediana pendiente con terrazas, en la cual se asienta la ciudad de Anta.

La actividad geodinámica en la ciudad de Anta – Izcuchaca, es leve a moderada, debido a las geoformas que en general son planas a moderadamente empinadas, cuyos basamentos rocosos son suelos lacustres en la parte baja y areniscas fracturadas y depósitos coluviales de moderadas consolidaciones.

Los fenómenos geodinámicos que conllevan a algún tipo de peligros son los derrumbes causados por el corte de talud en la ladera norte del cerro de Izcuchaca (margen izquierda del Jirón Jaquijahuana desde en mercado hasta el centro de salud de Izcuchaca) realizada por los pobladores para ampliar el área de sus lotes y construir sus viviendas.

La erosión de fondo de las quebradas es intensa, al punto de formarse sistemas de cárcavas y pequeños derrumbes, en las laderas de los cerros Atara y Acahuayllay, debido a la presencia de suelos arcillo limosos de baja consolidación y escasa cobertura vegetal.

Los ríos Cachimayo, Casacunca y Tantanay discurren sobre la llanura plana, donde predomina la erosión lateral en épocas de avenidas intensas; el problema fundamental de estos ríos, es que por la poca pendiente del terreno por donde discurren, son propensos a desbordarse y causar inundaciones.

#### **4.2.3 Mapa De Peligros Geológicos**

Del análisis del mapa geodinámico, se ha establecido la zonificación de peligros geológicos de acuerdo a la descripción siguiente (ver Mapa de Peligros Geológicos) **Mapa N° 06:**

##### **Peligro Geológico Muy Alto**

En el mapa de peligros la zona de muy alto peligro está representado por el color rojo, son aquellas zonas por las cuales discurren los ríos y quebradas puesto que generar peligros de socavación, derrumbe, deslizamiento por la erosión de sus agua, también las zonas de laderas en las que se aprecia una gran cantidad de fenómenos geodinámicos como cárcavas y cauces erosivos (Ver mapa de peligros geológicos) que ponen en riesgo la vida de los pobladores, sus viviendas, áreas de cultivo e infraestructura de carreteras y riego, estas zonas son:

La base de la ladera norte del cerro Izcuchaca que viene a ser la margen izquierda del Jirón Jaquijahuana (Carretera Cusco – Abancay) entre el mercado y el centro de salud de Izcuchaca, por presentar peligros muy altos por derrumbe se rocas fracturadas y de talud cortado por los pobladores para construir sus viviendas.

Las márgenes de las quebradas Cajauno, Quehuesambo y Motoque (al sur de la ciudad de Anta), las quebradas Soray y el río Casacunca (al este de la ciudad de Anta – Izcuchaca), las quebradas Tantanay y de la ladera sur del cerro Atara representan muy alto peligro por erosión de fondo y lateral de cauces y procesos de formación de cárcavas.

Los cauces de los ríos Cachimayo, Casacunca y Tantanay en su discurrir por la pampa de Anta, producen socavación de márgenes y en algunos lugares son propensos a desbordes e inundaciones, por ello se considera zona de muy alto peligro los márgenes de estos ríos.

##### **Peligro Geológico Alto**

Están referidas a zonas donde el peligro geodinámico es alto y están representadas en el Mapa de Peligros con el color anaranjado, estas zonas presentan fenómenos geodinámicos de moderada a alta incidencia, también vienen a ser zonas o franjas de amortiguamiento ante zona de muy alto peligro.

Las zonas de alto peligro viene a ser las laderas de moderada pendiente conformadas por rocas fracturadas en de los cerros al sur de Izcuchaca y albos flancos del río Casacunca, también las laderas altas del a zona de Chacan por estar conformadas por suelos limo arcillosos de baja consolidación; también están consideradas como zonas de alto peligro las márgenes de los ríos Cachimayo, Casacunca y Tantanay.

## **Peligro Geológico Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada y la presencia de fenómenos geodinámicas es limitada.

Las zonas de peligro medio vienen a ser la parte plana de la pampa las cuales están ligeramente alejadas a las zonas de actividad geodinámica, en este caso a los sectores de Paca, Tambillo, Ocoruro, Pichoc,

### **4.3 Hidrología del Área de estudio**

#### **4.3.1 Ubicación e importancia del área de estudio**

El distrito de Izcuchaca se encuentra ubicado a 23 Km, por la vía asfaltada y al noreste de la ciudad del Cusco; y se encuentra a una altitud media de 3736 m.s.n.m.

Esta comprendida entre las coordenadas  $72^{\circ} 15'$  y  $72^{\circ} 26'$  longitud Oeste y entre las coordenadas  $13^{\circ} 27'$  y  $13^{\circ} 25'$  latitud Sur.

La principal vía de acceso que conecta a la ciudad de Izcuchaca con la ciudad del Cusco es: la vía asfalta Cusco – Abancay.

La ciudad de Izcuchaca es el centro poblado que abastece de insumos a la ciudad de Cusco.

#### **4.3.2 Microcuenca del río Cachimayo**

Esta microcuenca abarca un área de 170.8 Km<sup>2</sup>, siendo su canal de drenaje principal el río Cachimayo. La microcuenca tiene una forma alargada (factor de forma igual a 0.32) y su relieve está conformado por montañas con una altitud promedio de 3736 m.s.n.m y una altitud máxima de aproximadamente 4475 m.s.n.m, su longitud de eje del cauce principal es de 24.0 km y presenta una pendiente promedio de 4.16%.

Paisajísticamente la parte alta de la microcuenca, presenta un paisaje de puna con afloramientos rocosos, la parte baja presenta más bien un paisaje de valle.

#### **4.3.3 Caracterización Hidrológica**

##### **Generalidades**

El clima en la elevación de Izcuchaca es templado y seco con temperaturas máximas diarias que varían de 27 °C durante el verano (diciembre - marzo) a 19 °C durante el invierno (junio - septiembre) (Fuente: SENAMHI). La temperatura disminuye a mayor altitud, por ejemplo temperaturas bajo cero ocurren durante la noche en elevaciones sobre los 4300 m.s.n.m. aproximadamente. La precipitación total anual en promedio es de 955.82 mm. En Izcuchaca, aproximadamente el 80% de esta precipitación cae entre noviembre a marzo.

##### **Parámetros Geomorfológicos**

Hidrológicamente, la microcuenca funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y las transformaciones en escurrimiento. El procedimiento de precipitación escorrentía está en función de una gran cantidad de parámetros que influye en el comportamiento hidrológico de una cuenca. A la fecha se ha comprobado que algunos índices y características propias de la cuenca tienen influencia en la respuesta hidrológica de la misma. A continuación se menciona algunos parámetros de forma empleados:

- **Coeficiente de compacidad:** Es el coeficiente entre el perímetro de la cuenca y la longitud de una circunferencia de área igual de la cuenca. Este valor es también conocido como el índice de Gravellius

$$I_c : 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- **Coeficiente de compacidad:** Se define como el coeficiente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud de la misma.

$$R_f : \frac{A}{L^2}$$

- **Razón de Circularidad:** El radio o la relación de circularidad, ( $R_{ci}$ ), es el cociente entre el área de la cuenca ( $A$ ) y la del círculo cuyo perímetro ( $P$ ) es igual al de la cuenca:

$$R_{ci} : \frac{4\Pi A}{P^2}$$

Cualquiera de estos parámetros permite estimar la respuesta hidrológica de una cuenca ante un evento de precipitación pluvial extrema, pues intervienen en la determinación de la magnitud de la escorrentía superficial.

Existe una relación potencial entre el área de la cuenca y el caudal de la misma, una cuenca de mayor área tendrá un mayor volumen de escorrentía.

Una cuenca de fuerte pendiente tendrá un pico de hidrograma (caudal máximo después de una tormenta) mayor y más pronunciado.

En el Cuadro N° 7 se presentan los valores arrojados del análisis morfológico de la microcuenca de Cachimayo:



**Cuadro N° 7**  
**Resumen de las Características Morfológicas Microcuenca Cachimayo**

CARACTERISTICAS	FORMULA	RESULTADO Y COMENTARIO		
Área (A)		170.38	Km <sup>2</sup> (Cuenca pequeña)	
Longitud del cauce (L)		23	Km(longitud del cauce principal)	
Perímetro (P)		64.6	Km	
<b>Parámetros de forma de la microcuenca</b>				
Factor Forma de Horton	$R_f : \frac{A}{L^2}$	Rf:	0.32	
Índice de gravellius	$I_c : 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Ic:	1.39	Cuanto más cercano es a 1.0, presenta una forma circular
Razón de Circularidad	$R_{ci} : \frac{4\pi A}{P^2}$	Rc:	0.51	
<b>Parámetros relativos al relieve</b>				
Altura promedio	$H : \frac{S_s}{A}$	3736.00	La elevación media de la microcuenca es de 3674m.s.n.m	
Centroide	X :-13,49	Y: -72.07	Coordenadas en geográficas	
Pendiente Promedio			4.0%	

Con respecto al área se clasifica como “microcuenca” (superficie menor 170.38 Km<sup>2</sup>). En relación al factor de forma (Rf), la cuenca presenta un valor muy bajo. El índice de compacidad (Ic) muestra que se trata de una microcuenca de forma alargada y por ultimo con respecto a la razón de circularidad Rci, los resultados muestran que la cuenca es poco regular por su lejanía con el índice.

▪ **Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje (Dd) se estima dividiendo la longitud total de los afluentes (Lt) entre el área (A), este parámetro indica la posible naturaleza, de los suelos que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura vegetal existente. En la microcuenca de Cachimayo resulta un valor de 1.2, que representa zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables e impermeables.

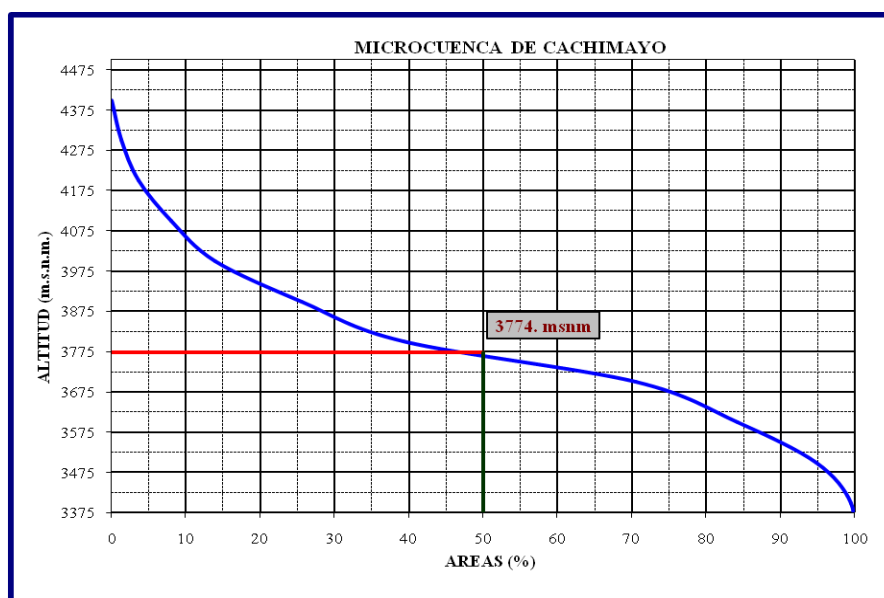
▪ **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de la altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en Km<sup>2</sup> o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca. De esta curva se puede extraer una importante relación, y es la relación Hipsométrica.

$$R_h : \frac{S_s}{S_i}$$

Donde  $S_s$  y  $S_i$  son, respectivamente, las áreas sobre y bajo la curva hipsométrica. La importancia de esta relación reside en que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca. Así, cuando  $R_h$ : 1, se trata de una cuenca en equilibrio morfológico. Cuando el valor de  $R_h$  es menor a la unidad refleja una cuenca con un gran potencial erosivo (fase de juventud), cuando el caso de  $R_h$  es igual a la unidad es característica de una cuenca en equilibrio (fase de madurez); cuando  $R_h$ , es mayor a la unidad es típica de una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

Para nuestro caso se obtiene un valor de  $R_h$  de 0.9, que clasifica a la microcuenca de Cachimayo, como una microcuenca con un gran potencial erosivo. En el Gráfico N° 01, se muestra la curva hipsométrica correspondiente.



**Gráfico 1: Curva hipsométrica de la microcuenca Cachimayo**

#### 4.3.4 Análisis Hidrológico

##### Información Cartográfica

La información cartográfica disponible en la zona del estudio para el reconocimiento de las cuencas que intercepten y/o inciden en la zona, fue obtenida del instituto Geográfico Nacional (IGN).

Las cartas obtenidas del IGN a escala 1/25,000 y con sistema de coordenadas UTM referida al Datum WGS 84.

## Información Pluviométrica

La información de pluviometría se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). El parámetro necesario para el cálculo de caudales de diseño es la precipitación máxima anual durante 24 horas; la estación más cercana al área de estudio es la estación de Anta-Ancachuro.

## Hidrología estadística

Para calcular el caudal máximo de avenida para un período determinado, se toma como referencias las alturas máximas de precipitación que cayeron sobre la microcuenca en los últimos 43 años de observación, datos que han sido obtenidos del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, de la estación de Anta-Ancachuro, que es la más cercana a la microcuenca. (Ver Anexos 3: Calculo y Modelamiento Hidráulico Mapa N° 02: Estación Meteorológica de influencia)

El análisis de frecuencias referido a precipitaciones máximas diarias, tiene la finalidad de estimar precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discontinuos o continuos, cuya estimación de parámetros se ha realizado mediante el Método de Momentos.

Los métodos probabilísticos que mejor se ajustan a valores extremos máximos, utilizados en la formulación del presente estudio son:

- Distribución Log Normal
- Distribución Valor Extremo Tipo I o ley de Gumbel
- Distribución Log – Pearson tipo III

### Distribución Log Normal

La función de distribución de probabilidades es:

$$p(x \leq xi) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{xi} e^{\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde  $\bar{x}$  y S son los parámetros de la distribución

Si la variable de x de la ecuación (1) se reemplazo por una función y: f(x), tal que y: log(x), la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N(Y,S<sub>y</sub>). Los valores originales de la variable aleatoria x<sub>i</sub>, deben ser transformados a, y : log x, de tal manera que:

$$\bar{Y} : \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde  $\bar{Y}$  es la medida de los datos de la muestra transformada.

$$S_Y: \sqrt{\frac{\sum_{i:1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Donde  $S_Y$  es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s: a / S^3 y$$

$$a: \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i:1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde  $C_s$  es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

### Distribución Log gumbel

La distribución de valores tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x): e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Siendo:

$$\alpha: \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta: \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

$\alpha$ : Parámetro de concentración

$\beta$ : Parámetro de localización

Según Ven Te Chow, la distribución pueden expresarse de la siguiente forma:

$$x: \bar{x} + K\sigma_x$$

Donde:

X: Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$ : Media de la serie

K: Factor de frecuencia

### Distribución Log Pearson tipo III

Esta distribución es una de las series derivadas por Pearson. La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) : \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \int e^{-\frac{(\ln x - \delta)}{\alpha}} \left(\frac{\ln x - \delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} dx$$

Asimismo, se tiene las siguientes relaciones adicionales:

$$\begin{aligned} \mu &: \alpha\beta + \delta \\ \sigma^2 &: \alpha^2\beta \\ y &: \frac{2}{\sqrt{\beta}} \end{aligned}$$

Siendo  $\gamma$  el sesgo.

### Pruebas de bondad del ajuste

En la teoría estadística, las pruebas de bondad del ajuste más conocidas son la  $\chi^2$  y la Kolmoorov – Smirnov. A continuación se describen brevemente.

#### a) PRUEBA $\chi^2$

Esta prueba fue propuesta por Kar Pearson en 1900. Para aplicar la prueba, en la cual el primer paso es dividir los datos en un número K de intervalos de clase.

Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D : \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i$$

Donde:

$\theta_i$  : Es el número observado de eventos en el intervalo i y  $\varepsilon_i$  es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

$\varepsilon_i$  : Se calcula como:

$$\varepsilon_i : n [F(S_f) - F(I)_{i-}] \quad i: 1, 2, \dots, k$$

Asimismo, F(S<sub>i</sub>) es la función de distribución de probabilidades en el límite superior del intervalo F(I<sub>i</sub>) es la misma función en el límite inferior y n es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución  $\chi^2$  para V: K-1-m grados de libertad y un nivel de significancia  $\alpha$ , donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq \chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

El valor de  $\chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$ , se obtiene de tablas de la función de distribución  $\chi^2$ . Cabe mencionar que la prueba del  $\chi^2$ , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y no normal.

#### b) PRUEBA KOLMOOROV - SMIRNOV

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_0(X_m)$  y la estimada F ( $X_m$ ):

$$D : \max |F_0(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico D que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (cuadro N° 11). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de  $\chi^2$ , porque compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) : 1 - m/(n+1)$$

Donde m es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

**Cuadro N° 8**  
**Valores Críticos "D" Prueba Kolmogorov - Smirnov**

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha : 0.10$	$\alpha : 0.05$	$\alpha : 0.01$
5	0.510	0.560	0.670
10	0.370	0.410	0.490
15	0.300	0.340	0.400
20	0.260	0.290	0.350
30	0.220	0.240	0.290
35	0.200	0.220	0.270
40	0.190	0.210	0.250

El ajuste a cada uno de las distribuciones con sus respectivas pruebas de ajuste según Kolmogorov –Smirnov para la Estación Pluviométrica de Anta Ancachuro se muestra en el Anexo A-2.

Para los cálculos de los ajuste a las distribuciones teóricas la información meteorológica (Precipitación Máxima en 24 horas), se utilizo el software Hidrológico HidroEsta, por su facilidad en el ingreso de los datos y por ser un Software disponible en internet, [mvillon@itcr.ac.cr](mailto:mvillon@itcr.ac.cr)

Luego de realizar las pruebas de ajuste para los seis tipos de distribución de la estación de Anta-Ancachuro se tiene:

Distribución Normal	:	0.1326
Distribución Log normal	:	0.0852
Distribución Gumbel	:	0.0705
Distribución Pearson Tipo III	:	0.0535
Distribución LogGumbel	:	0.0558

- De acuerdo a los valores críticos indicados en el cuadro N° 11 (nivel de significancia 0.05, n: 14)  $\Delta$  Tabular: 0.2074

$$0.1228 < 0.1721 < 0.1925 < 0.2426$$

$$\Delta_{\text{máx.}} < \Delta_{\text{Tab}}$$

De lo anterior se puede concluir que puede considerarse cualquiera de las 05 distribuciones debido a que todas presentan márgenes de error menores a lo permitido para una confiabilidad de 95%. Sin embargo, para la estación de Anta se considera la distribución de Log Pearson III por tener el menor  $\Delta_{\text{máx.}}$  : 0.0535

**CUADRO N° 9**  
**DISTRIBUCIÓN LOG- PERSON TIPO III : ESTACION ANTA**

PERIODO DE RETORNO (TR: EN AÑOS)	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
5	41.48
10	48.17
25	57.10
50	64.11
100	72.42

La regionalización de la precipitación máxima en 24 horas a la altura media de la mc. Se realizo en función al factor de correlación entre: Precipitación media de la mc (isohietas)/precipitación media de la estación de referencia (registros):

$$F_c = \frac{744.079mm}{726.60mm} : 1.02$$

**CUADRO Nº 10  
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS REGIONALIZADA**

PERIODO DE RETORNO (TR: EN AÑOS)	PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) – Fc : 1.02
5	42.30
10	49.13
25	58.24
50	65.39
100	73.86

### Cálculo de la Precipitación Máxima

La estación de lluvia ubicada en la zona, no cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Sin embargo éstas pueden ser calculadas a partir de las lluvias máximas en base al modelo de Dick y Peschke (Guevara, 1991). Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas, y obtener lluvias máximas para diferentes duraciones.

La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (A1)$$

Donde:

$P_d$  = precipitación total (mm)

$d$  = duración en minutos

$P_{24h}$  = precipitación máxima en 24 horas (mm)

Para los diferentes periodos de retorno, los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación A1, se muestra en la siguiente tabla.



**CUADRO N° 11**  
**LLUVIAS MAXIMAS –ESTACIÓN DE ANTA ANCACHURO**

TR años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	15	60	120	180	360
25	58.2	14.1	18.6	26.3	31.3	34.6	41.2
50	65.4	15.9	20.9	29.5	35.1	38.9	46.2
100	73.9	17.9	23.6	33.4	39.7	43.9	52.2

#### 4.3.5 Métodos de Estimación de las Avenidas Máximas

Para la determinación de descargas máximas en las cuencas mayores, donde aparecen efectos de difusión, que atenúan el caudal pico, se aplico:

##### Método Hidrológico – Histograma Unitario

Este método se usó para cuencas con tiempo de concentración mayor a 6 minutos, el cálculo se efectuó usando el Software HEC – HMS – Hydrologic Modeling System Versión 3.2, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos donde se utilizó las siguientes opciones:

##### Cálculo del tiempo de concentración

Para calcular el tiempo de concentración, nos remitimos al cuadro N° 12 donde se indica:

La superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

La longitud del cauce principal en Km.

Cota máxima de la cuenca msnm.

Cota mínima en la zona de interés msnm.

El tiempo de concentración fue calculado mediante las fórmulas de Temez y Giandotti.

- **Fórmula de Temez**

$$t = 0.3 * \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

S : pendiente (Adim.)

L: Longitud del cauce principal

- **Fórmula de Kirpich**

$$Tc = \left( \frac{0.87L^3}{\Delta h} \right)^{0.385}$$

Donde:

T<sub>c</sub> : Tiempo de concentración

L: Longitud del cauce principal (Km)

Δ h: Desnivel del cauce principal

El siguiente cuadro, muestra los cálculos realizados:

**Cuadro N° 12**  
**Tiempo De Concentración**

MC	PARTEAGUAS	DESEMBOCADURA	LONGITUD (Km.)	TIEMPO DE CONCENTRACION		
	Altitud (m.s.n.m.)	Altitud (m.s.n.m.)		Kirpich (horas)	Temez (horas)	Promedio
				(horas)		
QDA. CACHIMAYO	4,475	3,435	23.0	2.48	1.59	2.03

Calculo del tiempo de retardo (Lag Time)

El Lag Time: 0.6 T<sub>c</sub>

Lag Time: 0.6\*2.03 hora\*(60min/hora): 73.08 min

Para el modelo SCS o número de curva, se necesita conocer básicamente el tipo de cobertura que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que poseen.

De acuerdo al US Soil Conservation Service, el escurrimiento superficial acumulado Q en mm (equivalente a la lluvia en exceso P<sub>ex</sub>), tiene la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{Pe^2}{Pe + S} \quad (1)$$

Siendo 'S' la infiltración potencial (mm) estimada en función al denominado número de curva 'N'.

$$S = \frac{25400}{N} - 254 \quad (2)$$

'Pe' es la denominada precipitación en exceso acumulada e igual a:

$$4.2.6.3 \quad Pe = P - Ia \quad (3)$$

Donde 'P' es la lluvia acumulada en mm y 'la' es la abstracción inicial estimada como  $la = 0.20 S$ .

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en (1), tenemos la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{\left( P - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left( P + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)} \quad (4)$$

En las expresiones anteriores N es el número de la curva de escurrimiento del complejo hidrológico suelo – cobertura adimensional; P y Pex están expresados en mm.

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

- **Grupo A:** (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
- **Grupo B:** Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
- **Grupo C:** Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
- **Grupo D:** (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

El siguiente cuadro, muestra los números de curva para condiciones variadas de humedad promedio.

**Cuadro N° 13**  
**Numero De La Curva De Escurrimiento Para Condiciones Variadas De Humedad Promedio**

USO DE LA TIERRA Y COBERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO en %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivo en surco	Surcos rectos	>1	72	81	88	91
	Surcos rectos	<1	67	78	85	89
	Contorneo	>1	70	79	84	88
	Contorneo	<1	65	75	82	86
	Terrazas	>1	66	74	80	82
	Terrazas	<1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	>1	65	76	84	88
	Surcos rectos	<1	63	75	83	87
	Contorneo	>1	63	74	82	85
	Contorneo	<1	61	73	81	84
	Terrazas	>1	61	72	79	82
	Terrazas	<1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	>1	66	77	85	89
	Surcos rectos	<1	58	72	81	85
	Contorneo	>1	64	75	83	85
	Contorneo	<1	55	69	78	83
	Terrazas	>1	63	73	80	83
	Terrazas	<1	51	67	76	80
Pastizales		>1	68	79	86	89
		<1	39	61	74	80
	Contorneo	>1	47	67	81	88
	Contorneo	<1	6	35	70	79
Pradera permanente		<1	30	58	71	78
Bosques naturales	Muy ralo		56	75	86	91
	Ralo		46	68	78	84
	Normal		36	60	70	77
	Espeso		26	52	62	69
	Muy Espeso		15	44	54	61
Caminos	De terracería		72	82	87	89
	Con superficie dura		74	84	90	92

Fuente: Aparicio Francisco.-Fundamentos de Hidrología de Superficie

Para la determinación del valor de CN, de la microcuenca, se elaboro un mapa de cobertura vegetal (Ver Mapa N° 03 Cobertura Vegetal en Anexos 3) y tomando los valores de CN del cuadro N° 14, y al tipo de suelo hidrológico se determino un CN, ponderado para la microcuenca, la misma que se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 14**  
**Numero de Curva “N”**

UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL	DENSIDAD	ALTURA VEGETAL	AREA (Has)	TIPO DE SUELO	Nº DE CURVA	PONDERADO	N
<b>ANTA1</b>							
Áreas con intervención antrópica	-	-	1,929.39	C	87	167,857.23	
Matorral sub húmedo de valles interandinos	Semi denso	Muy bajo	142.82	B	66	9,426.30	
Pastizal y Césped de puna	Denso	Muy bajo	1,415.46	B	79	111,821.35	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>3,487.68</b>			<b>289,104.89</b>	<b>82.89</b>
<b>ANTA2</b>							
Áreas con intervención antrópica	-	-	1,147.08	D	86	98,648.93	
Matorral sub húmedo de valles interandinos	Semi denso	Muy bajo	20.85	B	66	1,375.79	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>1,167.93</b>			<b>100,024.72</b>	<b>85.64</b>
<b>ANTA3</b>							
Áreas con intervención antrópica	-	-	6,397.05	C	87	556,543.10	
Humedales andinos	Denso	Muy bajo	375.08	D	84	31,506.48	
Matorral sub húmedo de valles interandinos	Semi denso	Muy bajo	231.46	B	66	15,276.17	
Pastizal y Césped de puna	Denso	Muy bajo	2,189.03	B	61	133,530.58	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>9,192.61</b>			<b>736,856.33</b>	<b>80.16</b>
<b>ANTA4</b>							
Áreas con intervención antrópica	-	-	4,417.05	B	69	304,776.12	
Matorral sub húmedo de valles interandinos	Semi denso	Muy bajo	271.36	B	66	17,909.57	
Pastizal y Césped de puna	Denso	Muy bajo	1,408.86	B	79	111,299.65	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>6,097.26</b>			<b>433,985.34</b>	<b>71.18</b>
<b>TOTAL</b>			<b>19,945.47</b>			<b>1,559,971.27</b>	<b>78.21</b>

### Determinación de la pérdida inicial

Determinación de la infiltración usando el método de la Curva Numérica (CN) del Soil Conservación Service, NRCS (Servicio de Conservación Recursos naturales de los estados Unidos, e SCS). Este método conceptual establece que la cuenca tiene una determinada capacidad de almacenamiento de lluvia acumulada. El número de curva, CN, describe la capacidad de infiltración del suelo en base al tipo hidrológico del suelo y el tipo de cobertura vegetal. [Ecuación 5.6, pág.41 Technical Reference Manual]

$$\text{Pérdida inicial} = 0.20 (25400 - 254 * \text{CN}) / \text{CN}$$

$$\text{Pérdida inicial} = 0.20 (25400 - 254 * 78.21) / 78.21: 14.15 \text{ mm}$$

Para la estimación del hidrograma de avenida, utilizaremos como apoyo el modelo hidrológico HEC – HMS. La razón por la cual hemos elegido este software es debido a que se trata de un programa de uso libre y reconocido en otras partes del mundo. Además el ingreso de datos es sencillo y muy fácil de interpretar.

Para el cálculo del hidrograma se empleara la precipitación máxima obtenida a partir de la precipitación máxima en 24 horas, las mismas que fueron halladas en ítem hidrología estadística.

Para el inicio del moldeamiento con el software mencionado se requiere la especificación de 3 conjuntos de datos:

- Modelo de cuenca
- Modelo Meteorológico
- Especificaciones de control

### Modelo de cuenca

Contiene los parámetros de los elementos hidrológicos como por ejemplo: subcuencas, tramo de cauce, convergencias, reservorios, fuentes y sumideros.

El primer paso es dibujar el esquema hidrográfico a simular. Los elementos utilizados para definir nuestra microcuenca son: Subcuenca (subbasin), cauce (reach) y la confluencia (jucción). Véase figura 1.

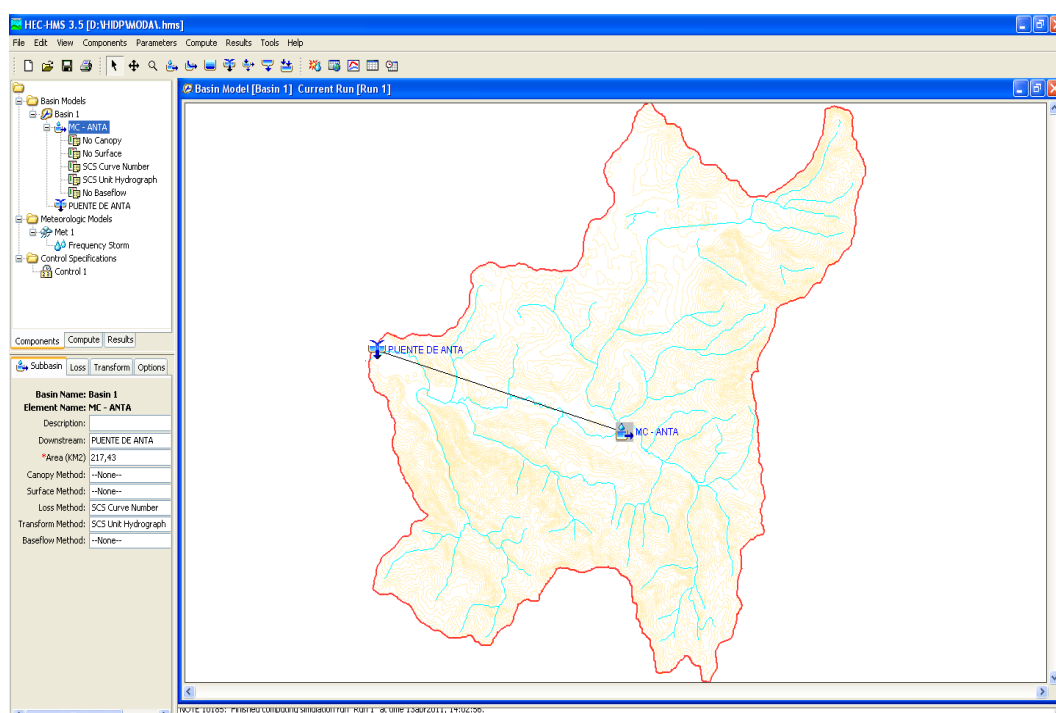


Figura 1: Modelo de la Cuenca

Como datos adicionales debemos completar las características de la cuenca y la metodología de análisis para el cálculo del hidrograma.

Se utiliza el método SCS para abstracciones, para estimar la pérdida inicial, debido a que depende solo de una variable CN. La pérdida inicial (mm). Es igual a **0.20 (25400-254 CN)/CN**. El valor de pérdida inicial en el HEC-HMS se calcula por defecto para el método de SCS.

Adicionalmente emplearemos el hidrograma unitario a dimensional de SCS, para el cálculo del hidrograma sintético cuyo dato de entrada depende del tiempo de retardo (T lag) calculado en el ítem Cálculo del Tiempo de Concentración. Además, no se considera flujo base.

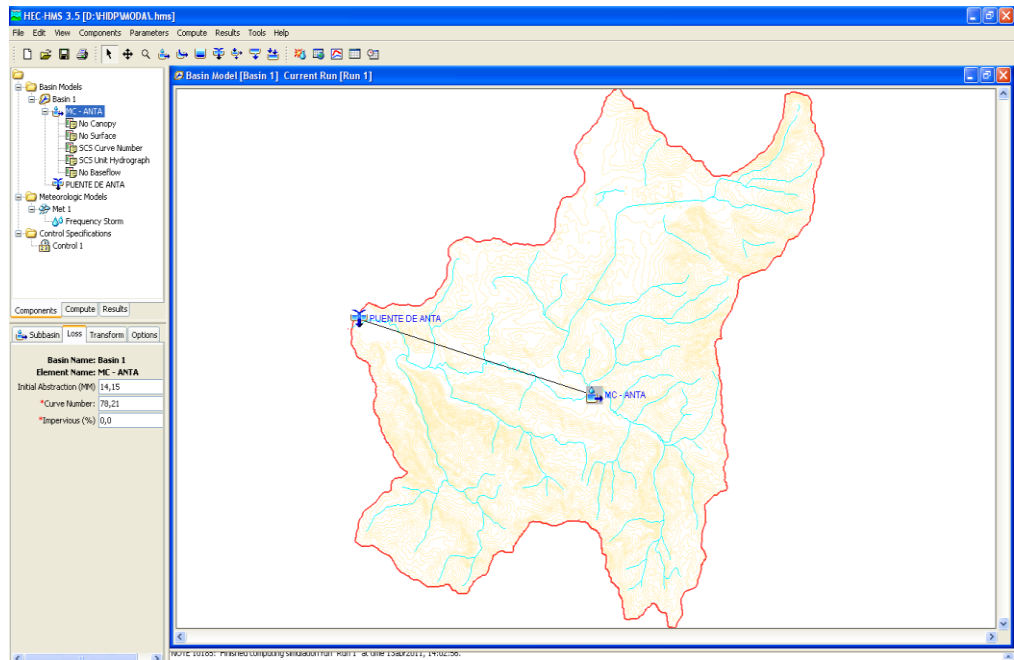


Figura 2: Método SCS

### Modelo meteorológico

El modelo meteorológico consiste en definir la tormenta de diseño utilizada en la simulación del proceso precipitación – escorrentía, para nuestra microcuenca.

Finalmente el dato requerido es solamente la precipitación máxima de 24 horas calculada en el ítem Hidrología Estadística. Esta precipitación para nuestro caso, es la precipitación para la celda concentrada igual a 72.42 mm, para un TR: 100 años (ver figura 3)

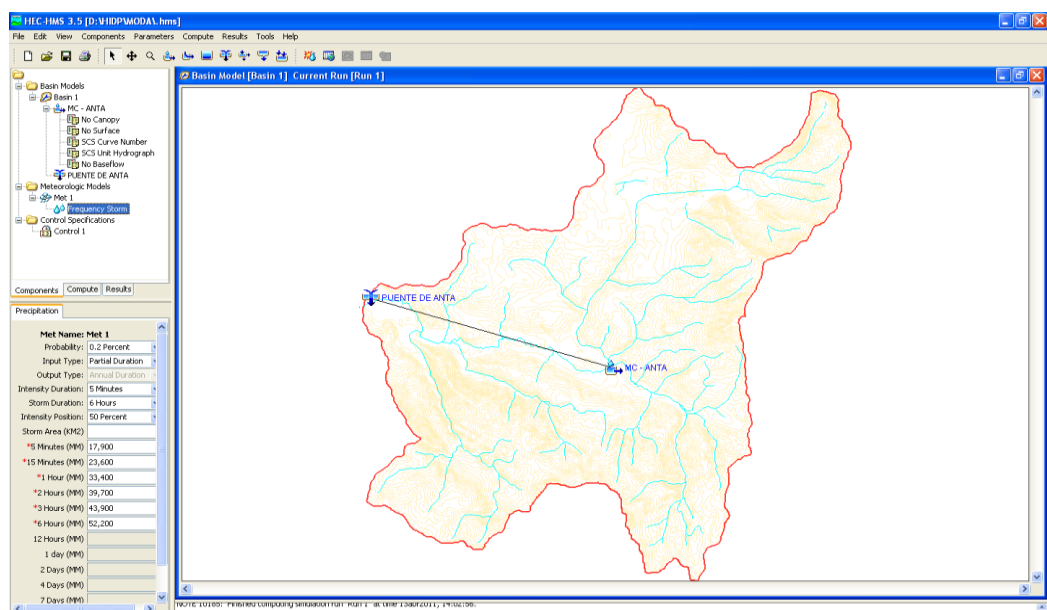


Figura 3: Modelo Meteorológico



## Especificaciones De Control

En esta parte del modelo se ingresa el tiempo de simulación para el hidrograma y el intervalo de tiempo ( $d_t$ ) o el nivel de discretización. Por regla general, el nivel de discretización ( $d_t$ ) debe ser menor a  $1/3$  del tiempo de retardo. Para nuestro caso con un tiempo de retardo de 1.2 horas, se obtiene un intervalo de tiempo de 5 minutos.

Con este conjunto de datos, el modelo hidrológico HEC – HMS procede a calcular el hidrograma de avenida (ver figura 4). Este hidrograma presenta un caudal pico de  $148 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondiente a una precipitación máxima en 24 horas de 73.09 mm. La distribución de los hidrogramas en función del tiempo se presenta a continuación:

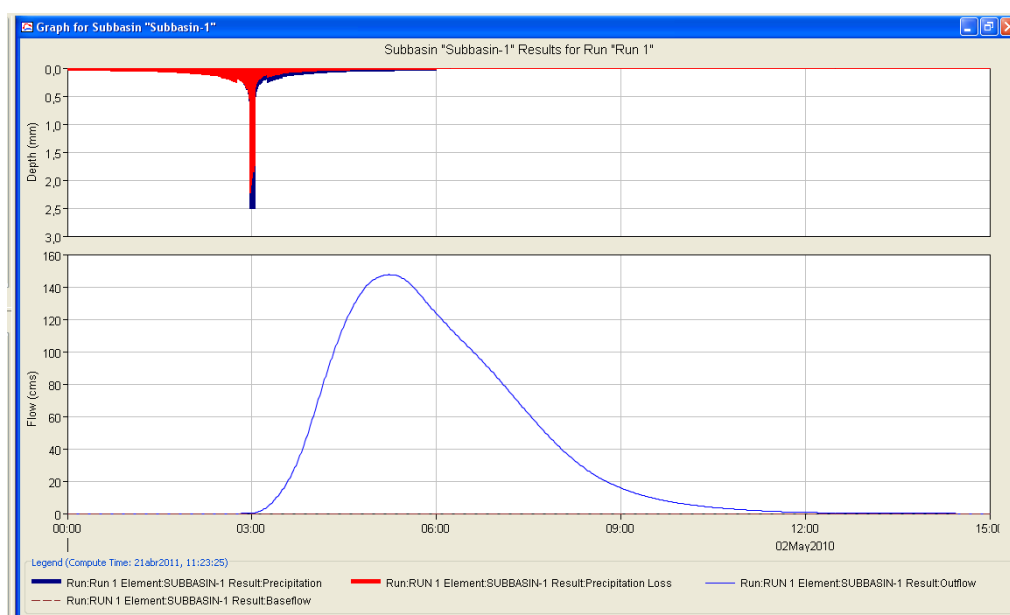


Figura 4: Histograma liquido para el Río de Anta- TR: 100 años - Q: 148.0m<sup>3</sup>/s

### 4.3.6 Modelamiento Hidráulico De La Quebrada Con El –Hec Ras

Para estimar el tirante de la quebrada para el paso del caudal máximo extraordinario se realizó una simulación del flujo en un tramo de 100m aguas arriba del centro poblado y 100 m aguas abajo, utilizándose para ello el plano topográfico disponible con curvas a nivel de 1 m. **Mapa N° 07**

Para la realización del modelamiento del flujo se utilizó el Software HEC RAS (simulación de ríos). Que requiere como información base lo siguiente:

1. Secciones transversales del cauce cada 25m
2. Coeficiente de Manning
3. Pendiente del cauce
4. Condiciones del flujo (flujo normal)

### Secciones transversales del cauce

En los trabajos de campo realizados en el mes de abril del presente año, se realizó un levantamiento topográfico de la quebrada a detalle en un tramo de 600m aguas arriba del centro poblado y 600m aguas abajo, tomando en cuenta el catastro urbano del distrito; obteniéndose un plano con curvas cada 0.5m.

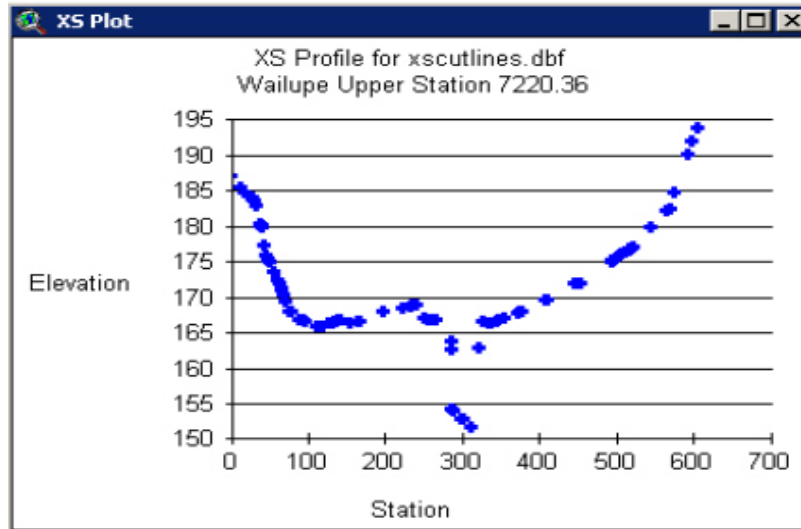
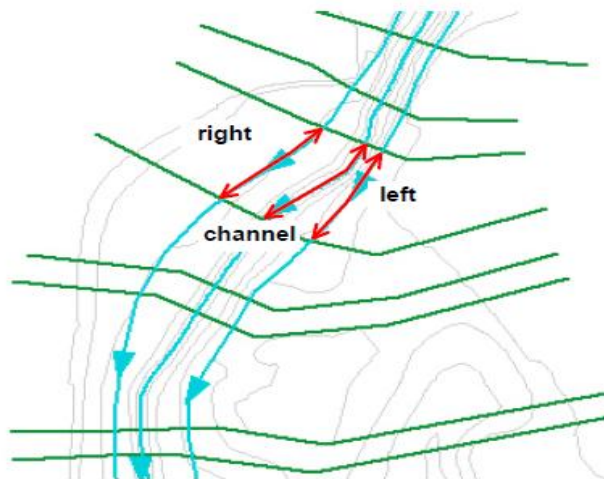


Figura 5: Sección transversal



### Coeficiente de Manning

Reconociendo varios factores primarios que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan [32] desarrolló un procedimiento para estimar el valor de  $n$ , por este procedimiento, el valor  $n$  se puede calcular por.

$$n = (n_0+n_1+n_2+n_3+n_4) \times m_5^5$$

En donde  $n_0$  es un valor básico de  $n$  para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales comprendidos,  $n_1$  es un valor agregado a  $n_0$  para corregir el efecto de irregularidades de superficies,  $n_2$  es un valor para las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal,  $n_3$  es un valor de corrección de obstrucción,  $n_4$  es un valor para la vegetación y condiciones del flujo, y  $m_5$  es un factor de corrección para los meandros del canal, valores adecuados de  $n_0$  a  $n_4$  y  $m_5$  se puede seleccionar del cuadro siguiente de acuerdo a las condiciones dadas:

**CUADRO Nº 15**  
**COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA EL CAUCE PRINCIPAL**

CONDICIONES DE CANAL		VALORES	
Material Considerado	Grava fina	$n_0$	0.024
Grado de irregularidad	Leve	$n_1$	0.005
Variación de las secciones transversal del canal	Ocasionalmente alternante	$n_2$	0.005
Efectivo relativo de obstrucción	Despreciables	$n_3$	0.001
Vegetación	Baja	$n_4$	0.005
Cantidad de meandros	Menor	$m_5$	1.000
<b>N</b>			<b>0.040</b>

Fuente: Ven Te Chow, pag 107

**CUADRO Nº 16**  
**COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA ZONA DE INUNDACIÓN**

CONDICIONES DE CANAL		VALORES	
Material Considerado	Grava fina	$n_0$	0.024
Grado de irregularidad	Severo	$n_1$	0.020
Variación de las secciones transversal del canal	Frecuentemente alternante	$n_2$	0.015
Efectivo relativo de obstrucción	Apreciable	$n_3$	0.030
Vegetación	Media	$n_4$	0.025
Cantidad de meandros	Menor	$m_5$	1.000
<b>N</b>			<b>0.114</b>

Fuente: Ven Te Chow, pag 107

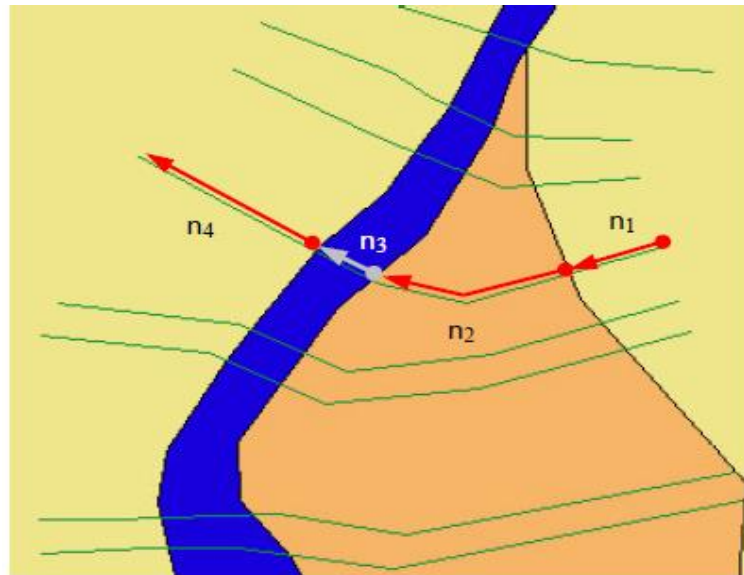


Figura 6: Valor de “n”- para cada zona

### Pendiente del cauce

Para la condición de contorno se tomará (Tirante normal), puesto que se pueden estimar las pendientes de fondo de los tramos, que están en los extremos, conociendo sus cotas mínimas de las secciones y las distancias entre esos tramos, que para este caso es 25m., La formula a utilizar para el cálculo de la pendiente , es:

- Primer tramo aguas arriba:  
Cota min sección<sub>48</sub>: 3488.98 m.s.n.m  
Cota min sección<sub>47</sub>: 3485.61 m.s.n.m

$$S : \frac{3342.00 - 3341.50}{25} : 0.02$$

- Último tramo aguas abajo:  
  
Cota min sección<sub>02</sub>: 3385.14  
Cota min sección<sub>01</sub>: 3382.56

$$S : \frac{3332.50 - 3332.00}{25} : 0.02$$

Ambas pendientes 0.135 y 0.04, son pequeñas, por lo que se debe producir un flujo subcrítico.

## Condiciones del flujo

Como no conocemos el tipo de régimen, consideramos un régimen mixto, por lo que las condiciones de contorno se necesitan tanto en el extremo de aguas arriba (Upstream) como en el extremo de aguas abajo (Downstream), para ambas condiciones de contorno se tomará (Normal Depth- tirante normal), para la cual se halló las pendientes en el ítem Pendiente del Cauce.

El método que emplea para determinar las características del flujo en cada sección a lo largo del cauce es mediante la ecuación de la energía.

Los resultados se muestran en el Mapa N° :04 – Mapa de zonas de inundación de Anexos 3.

### 4.3.7 Peligros Hidrológicos

Los fenómenos de origen climático-hidrológico de incidencia en la microcuenca Cachimayo, se presentan en las laderas de la parte alta de la microcuenca y en el piso de valle donde se asienta el centro poblado Anta-Izcuchaca.

Generalmente se tiende a subestimar los fenómenos de origen climático que puede afectar a una determinada zona y, por lo general, este aspecto no es considerado durante el proceso de planificación del desarrollo local, en razón de que el río se encuentra encauzado, pero que los cálculos de lluvias excepcionales pueden pasar la capacidad de encauzamiento y por lo tanto causar inundaciones con lamentables consecuencias ya que a todo lo largo de la microcuenca, se ubican terrenos agrícolas y en las pampas que recorridas por el Cachimayo se ubica el poblado Anta-Izcuchaca.

Los fenómenos de origen climático que se presentan con mayor frecuencia en el área de estudio son:

#### Inundaciones

Es el desplazamiento de las aguas de los ríos y quebradas que al sobrepasar su capacidad normal de cauce, inunda los terrenos adyacentes. Las causas son las intensas precipitaciones pluviales, por incapacidad del cauce a conducirlos o por aluviones asociados a desembalses.



Problemas de encausamiento y protección por acción erosiva cauce del río Cachimayo

### 4.3.9 Mapa de Peligros Hidrológicos

La zonificación de peligros hidroclimáticos, se realiza en función al área de afectación de la ciudad por el desborde del río Cachimayo, que es el colector principal de la microcuenca hidrográfica que durante época de lluvias transporta una cantidad importante de aguas pluviales y sedimentos, que ocasionaron desbordes en la ciudad de Anta-Izcuchaca.

Desde el punto de vista del peligro, ambas márgenes del río Izcuchaca, son vulnerables a inundaciones, sin embargo los trabajos de campo realizados recientemente, han permitido reconocer áreas de inundaciones nos ha permitido realizar una zonificación determinando áreas con peligro muy alto, alto, medio a bajo a inundaciones que se muestran en el **Mapa N° 08**



Escombros acumulados al borde de la quebrada en la parte baja y parte media de la Microcuenca

Desde el punto de vista del peligro, ambas márgenes del río Ramoschaca, son vulnerables a inundaciones, sin embargo los trabajos de campo realizados recientemente, han permitido reconocer áreas de inundaciones y deposito de lodos recientes lo que nos ha permitido realizar una zonificación determinando áreas con peligro muy alto, alto, medio a bajo a inundaciones-.

#### **Peligro Hidrológico Muy Alto**

Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundación, en este caso se considera toda la ribera del río Cachimayo a ambas márgenes con niveles topográficos bajos respecto al thalweg o estrangulamiento del cauce. Las zonas más propensas se ubican en la parte media de la microcuenca y las viviendas aledañas al cauce ubicadas en el centro poblado.

#### **4.4. Geotecnia del Área De Estudio**

##### **Marco Normativo.-**

Los ensayos de mecánica de suelos se han realizado en conformidad con el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, Manual de ensayos de materiales EM 2000 PERT-MTC, Normas de distintas entidades como ASTM, AASTHO, Manual para el desarrollo de las Ciudades Sostenibles, Ed. PNUD 2008.

El Informe contiene los resultados de los ensayos in-situ practicados en las excavaciones, los resultados de los ensayos de laboratorio, el cálculo de la capacidad portante, el cálculo de los asentamientos, así como las conclusiones y recomendaciones.

No se dispone de información de estudios Geotécnicos y de mecánica de suelos, previamente realizados en los lugares evaluados.

##### **Ubicación.-**

El proyecto se ubica en el distrito de ANTA-IZCUHACA, Provincia de ANTA, región del CUSCO, en la microcuenca de la Pampa de Anta, río Cachimayo cuenca del Apurímac.

##### **Accesibilidad.-**

El acceso desde la ciudad del Cusco es de 23 Kms. En dirección Noroeste, Vía asfaltada (corredor Interoceánica tramo I) Cusco-Abancay hasta el cruce Izcuchaca- Vía a Hurocondo.

##### **Base Topográfica Empleada.-**

- Plano Levantamiento Topográfico de la zona esc. 1:5,000.
- Plano Geología cuadrángulo Cusco INGENMET edic. 1(2543) 27-r Escala 1:100,000.

##### **Método y Duración del Trabajo de Campo**

El trabajo ha sido subdividido en tres partes:

- i).- Recopilación de datos y de trabajos anteriores del lugar, coordinaciones y reuniones de trabajo con las autoridades comunales y municipales de la provincia de Anta.
- ii).- Trabajos de campo, investigación geotécnica zonificación y mapeo de superficie, apertura de calicatas, muestreo y codificación de secuencias estratigráficas, utilizando equipos como wincha, brújula y otras. También se utilizó los cortes naturales apertura de cimentaciones para construcciones y trincheras.
- iii).- Procesamiento de datos de campo, análisis y ensayos en laboratorio (ILAMESCP – Cusco), preparación de planos y otros trabajos de gabinete, elaboración de informes.



#### 4.4.1. Trabajos realizados

##### 4.4.1.1 Investigaciones de campo

##### **Excavaciones manuales** (Norma técnica ASTM D 420)

En la zona de estudio después de una Zonificación Geotécnica de superficie previa de los suelos, se ubicaron a nivel de cuenca y a nivel urbano local y la apertura de calicatas.

Las calicatas o trincheras son excavaciones a cielo abierto, hasta profundidades deseadas tomando las precauciones necesarias para evitar derrumbes y desprendimientos de material suelto, para la excavación se utilizó herramientas manuales y en otros equipos retroexcavadores. **Mapa N° 09**

En el radio urbano de la localidad de Anta-Izcuchaca, se han ubicado seis calicatas cuyas características se indican a continuación:

**Cuadro N° 17**  
**Calicatas**

Denominación Calicata Nro.	Ubicación	Profundidad (m.)
Iz Ca-1 M1	Izcuchaca	-1.45
Iz Ca-2 M2	Izcuchaca	-2.35
Iz Ca-3 M3	Izcuchaca	-1.40
Iz Ca-4 M4	Izcuchaca	-1.65
Iz Ca-5 M5	Izcuchaca	-1.30

##### **Muestreo, transporte y tipo de muestra** (Norma técnica ASTM D 420)

Se han obtenido muestras representativas del suelo, identificando los diferentes estratos, con registros de las profundidades y espesores, Determinación del nivel freático y del material de fundación.

A fin de determinar los parámetros característicos de los suelos se tomaron muestras alteradas en bolsa (Mab), de los diferentes estratos, en todas las calicatas abiertas a cotas recomendadas, debidamente codificadas y transportadas al laboratorio LAMESCP

##### **Trabajos y ensayos geotécnicos de campo**

Con la finalidad de determinar las características del suelo de fundación, así como los parámetros de comportamiento mecánico, se realizaron los siguientes ensayos in-situ:


+Toma de muestras alteradas en bolsa (Mab), conservación y transporte:	ASTMD 420,4220.
+Toma de muestras alteradas en lata (Maw) contenido de agua:	ASTM D 2216
+ Perfiles estratigráficos de las calicatas:	ATM D – 2488,2487.
+ Densidad Natural (Volúmetro Eley) – Cono de arena:	ASTM D-1558
+ Ensayo de penetración dinámica de cono (PDL):	DIN 4094
+ Registro Fotográfico	

Los parámetros de comportamiento mecánico fueron determinados a partir de los siguientes ensayos in-situ (en campo área proyecto).

**Densidad de Campo o Natural (Volúmetro ELEY).-**

Se usa para determinar el peso unitario natural del suelo (Densidad natural grs/cm3), se ha verificado de acuerdo a la norma ASTM D-1558, utilizando el equipo ELEY, que proporciona una medida rápida del volumen del suelo, cuyas especificaciones son las siguientes:

**Volúmetro Eley:**

Construcción	Acero inoxidable	
Cilindro	Calibrado en función del volumen	
Volumen del pistón	Marcado de 0.00 a 30.00 cm3	
Peso	0.279 kg	

Las pruebas de campo arrojan los siguientes resultados:

**Cuadro Nº 18**  
**Densidad de campo ANTA-IZCUHACA**

CALICATA Nro.	Profundidad Ensayo (m.)	Densidad Húmeda Natural (grs/cm3.)	Humedad %
IZ Ca-1 M1	-1.45	1.973	11.6
IZ Ca-2 M2	-2.35	1.986	7.3
IZ Ca-3 M3	-1.40	1.988	6.1
IZ Ca-4 M4	-1.65	1.971	8.08
IZ Ca-5 M5	-1.30	1.793	7.2

**Auscultación Dinámica con el cono Tipo Peck (PDL).-**

Para la evaluación del SUB SUELO, en el campo, se ha complementado con ensayos de penetración dinámica de cono Peck (PDC), para obtener la resistencia in situ al corte ( $\Phi$ ), ángulo de fricción del sub suelo. Por ser suelos granulares, friccionantes heterométricos, no es posible obtener muestras inalteradas para los ensayos de corte directo.

El ensayo de auscultación con cono dinámico consiste en la introducción en forma continua de una punta cónica en el suelo correlacionando con el Ensayo de penetración estándar SPT, ASTM D 1586, en el que reemplaza la cuchara estándar por un cono de 60° de Angulo en la punta. Este cono se hinca en forma continua en el suelo, el registro de la auscultación se efectúa contando el número de golpes para introducir cada 10 cm. Donde el resultado se representa en forma grafica indicando el número de golpes por cada 30 cm. El cono PDL se calibra previamente, para obtener el parámetro de coeficiente de correlación:

Donde:  $N' = \beta Cn$

N : Numero de golpes por 30 cm. de penetración. (SPT)

$\beta$ : Coeficiente de correlación.

Cn : Numero de golpes por 30 cm. de penetración con el PDL.

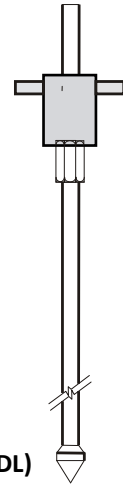


Fig. 7: Ensayo de auscultación dinámica de cono (PDL)

**Factores de correlación de PDL, SPT.-**

Por la formula Holandesa para la energía de hinca:

$$Q = M^2 H / e (m+p) A.$$

Donde:

Q : Energía de hinca.

M : Peso del martillo (kg.)

H : altura de caída del martillo (cm).

E : ah/N

P: Peso del varillaje.

A: Sección de la punta (cm<sup>2</sup>).

**Cuadro N° 19**  
**Valores de correlación entre PDL y SPT**

	PDL	SPT
M	7.125 kg.	63.5 kg
H	50 cm.	76.0
P	2.250 kg/m.	6.52
A	1.290 cm <sup>2</sup> . $\phi$ 1/2"	11.40

Factores de corrección:

Penetración cm.	15	30
1ro de golpes SPT (N)	0.316	0.158

Relaciones entre N, Dr., CV,  $\phi$ .

$$Dr = 0.316 \ln N - 0.022\gamma t + 0.392 \pm 0.067$$

De El penetrómetro y el reconocimiento de los suelos G. Sanglerat, Serv. Pub. Minist. Obras publicas México. Pág. 196.\*

Por este método se ha encontrado suelos con valores de  $\Phi$ , variables, auscultados desde -1.00m de profundidad medidos desde la superficie hasta una profundidad de -2.35m. Obteniéndose el siguiente resultado:

**Cuadro Nº 20**  
**Valores del ángulo de fricción obtenida en campo ( $\Phi$ ):**

Calicata	Profundidad del ensayo (m.)	Nro. de golpes/30cm.		$\Phi$
		DE	A	
IZ Ca-2 M2	0.00 – 2.35	14.1	16.4	26.8
IZ Ca-4 M3	0.00 – 1.40	11.5	39.5	26.5
IZ Ca-5 M5	0.00 – 1.30	11.1	17.8	25.1
IZ Ca-6 M6	0.00 – 2.20	12.0	14.2	26.4

COMPACIDAD	Nro de GOLPES
Muy suelto	<4
Suelto	4-10
Moderadamente Denso	10-30
Denso	30-50
Muy Denso	>50

#### 4.4.1.2 Ensayos de Laboratorio

##### Plan de ensayos

Con las muestras alteradas extraídas de las exploraciones de acuerdo con el plan y las normas con las especificaciones técnicas se corrieron los siguientes ensayos de laboratorio:

- + Obtención de muestras representativas (cuarteo) (NTP 339.089)
- + Contenido de Humedad Natural.- (ASTM D 2216)
- + Análisis Granulométrico.- (ASTM D 422)
- + Peso específico de los sólidos.- (ASTM D 854)
- + Límites de consistencia (líquido y plástico).- (ASTM D4318)
- + Ensayo de compactación proctor modificado.- (ASTM D 1557)
- + Densidad Mínima.- (ASTM D 4254)
- + Densidad Relativa.- (ASTM D4253)
- + Sales solubles totales en el suelo.- (BS 1377 P3)

### 4.4.1.3 Trabajos de Gabinete

#### Contenido de Humedad.-

Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

$$w(\%) = W_w * 100 / W_s$$

$W_w$  = Peso del agua en la muestra.

$W_s$  = Peso del suelo seco.

#### Límites de Atterberg.-

\_ Límite líquido. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

\_ Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.



#### Análisis Granulométrico.-

Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, determina los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 75µm (malla Nro.200), utilizando tamices de malla cuadrada la de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nro.4, Nro10, Nro20, Nro 40, Nro100.

Tamiz	Abertura	W ret (gr)	% ret	% acum. pasa
3"	75.0	16		
2"	50.0	32		
1 1/2"	37.5	12		
1"	25.0	41		
3/4"	19.0	36		
3/8"	9.5	14		
Nº4	4.75	16		
Nº10	2.0	42		
Nº20	0.850	13		
Nº30	0.600	54		
Nº40	0.425	44		
Nº60	0.250	32		
Nº80	0.180	19		
Nº100	0.150	21		
Nº200	0.075	33		

**Gravedad específica de los suelos (peso específico).**- ASTM D-854, AASHTO T-100. Este ensayo se utiliza para determinar el peso específico de los suelos por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), deberá seguirse el método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso, cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción. El valor del peso específico para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos. Cuando el valor del peso específico sea utilizado en cálculos relacionados con la porción hidrométrica del análisis granulométrico de suelos, debe determinarse el peso específico de la porción de suelo que pasa el tamiz de 2.00 mm (N° 10) de acuerdo con el método que se describe en la presente norma.

**Densidad relativa.-**

La definición de la compacidad relativa (o densidad relativa) implica comparar la densidad del suelo respecto de sus estados más denso y más suelto posible. Eso se logra comparando las relaciones de vacío como en la fórmula.

$$Dr = ((D_{max}/D_{nat}) \times (D_{nat} - D_{min}) / (D_{max} - D_{min})) \times 100$$

A) % DE FINOS ES MAYOR A 5%:  $\phi = 25 + 0,15Dr$

**Cuadro N° 21  
DENSIDADES**

Calicata Nro	Densidad Natural Grs/cm3	Angulo de Fricción $\phi$ °
IZ-Ca— M2	1.986	26.8
IZ-Ca— M3	1.988	26.5
IZ-Ca— M5	1.793	25.1
IZ-Ca— M6	1.988	26.4

**Nivel de Agua Subterránea**

Durante las excavaciones de las calicatas y vistos algunos cortes no se observa presencia de agua hasta la profundidad final de las excavaciones (-2.00 m), estas mediciones corresponden a los meses de Diciembre (2010) y Enero (2011).

### Agresividad del Suelo

De acuerdo con los resultados del análisis de suelo se han encontrado niveles permisibles de la presencia de Sales solubles ( % 0.087) y la presencia de sulfatos en 0.012 %.

#### 4.4.2. Análisis Geotécnico

Las condiciones de estabilidad de diseño de la cimentación están dadas por el cálculo de la capacidad de carga, los parámetros mecánicos se han obtenido de los ensayos en campo Densidad In Situ y Auscultación dinámica cono de Peck, recalculando con la Densidad relativa.

##### 4.4.2.1 Clasificación de Suelos SUCS

De acuerdo con la norma E 050 del RNC en actual vigencia se utilizado con simbología referencial el cuadro siguiente: **Mapa N° 10**

#### SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES		Simbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 200 (4,76 mm)	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
				ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas: Limite líquido menor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	Limos y arcillas: Limite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	
					<p>Abaco de Casagrande</p>

**Cuadro Nº 22**  
**Resumen de Resultados: Anta-Izcuchaca**

	<b>Ca-1 M1</b>	<b>Ca-2 M2</b>	<b>Ca-3 M3</b>	<b>Ca-4 M4</b>	<b>Ca-5 M5</b>	<b>Ca-6 M6</b>
<b>Humedad %</b>	11.6	7.3	6.1	8.08	7.2	6.10
<b>Granulometría % pasa Nro. 4</b>	40.3	50.0	49.8	93.02	100.00	
<b>Granulometría % pasa Nro. 200</b>	6.3	9.3	19.8	48.75	51.4	53.1
<b>Limite Liquido</b>	24.46	24.97	28.63	21.88	38.68	
<b>Índice de plasticidad</b>	4.52	5.69	9.99	3.51	12.62	
<b>Densidad natural gr/cm3.</b>	1.973	1.986	1.988	1.971	1.793	1.977
<b>Peso específico</b>	2.530	2.538	2.529	2.522	2.449	2.525
<b>Clasif. SUCS ASTM 2487</b>	GW-GC	GW-GC	GC	SM	ML	GC

### Zonificación Geotécnica (Capacidad Portante de Suelos)

#### Cálculo de Capacidad Portante

La capacidad portante por corte fue calculada haciendo uso de la siguiente expresión:

$$q_u = S_u N_c S_c + \gamma_{nat} D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Donde

$q_u$  : capacidad de carga     $S_u$  : Resistencia al esfuerzo cortante (cohesión)     $\gamma_{nat}$  : densidad natural del suelo  
 $D_f$  : profundidad de desplante     $B$  : ancho de la cimentación     $N_c, N_\gamma, N_q$  : factores de carga



$$N_q = \frac{e^{0.75\pi - \phi/2} \tan\phi}{2 \cos^2 \left( 45 + \phi/2 \right)}$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

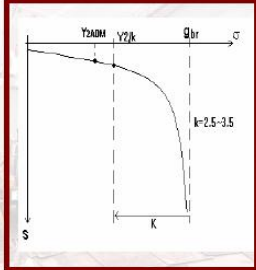
$$N_c = (q - 1) \cot \phi$$

$S_c, S_\gamma$  : factores de corrección de forma y profundidad

La capacidad admisible de carga es calculada como:

### CAPACIDAD DE CARGA

- La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo.
- En suelos cohesivos ( $\phi=0$ )
- Para cargas estáticas:  $k=3$
- Con sismo o viento  $k=2,5$  (la más desfavorable)



$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

$q_{adm}$  : capacidad admisible de carga      F.S.: factor de seguridad acápite 3.3 a) Norma E050.

#### Valores obtenidos de la Capacidad Portante.-

Los resultados de capacidad portante se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro Nº 23**  
**Cálculo de Capacidad Portante**

UBICACIÓN / Calicata		Anta-Izcuchaca M2 Cachimayo	Anta Izcuchaca M3 Centro Ciudad	Anta Izcuchaca M5 Área agrícola este	Anta Izcuchaca M6 Área agrícola oeste
Tipo de cimentación:					
Profundidad admitida (mínima)	(m)	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.986	1.988	1.793	1.988
Resistencia Al Esfuerzo Cortante	S <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-
Angulo De Fricción Interna x PDL	Φ	26.8°	26.5°	25.1°	26.4°
Factores de Carga	N <sub>c</sub>	28.79	28.13	25.32	27.92
	N <sub>q</sub>	15.54	15.03	12.86	14.86
	N <sub>y</sub>	14.24	13.69	11.37	13.51
Ancho de la cimentación (mínima)	(m)	1.00	1.00	1.00	1.00
q <sub>u</sub>	(kg/cm <sup>2</sup> )	3.9918	3.8582	2.9590	3.8135
q <sub>adm</sub> = (S <sub>u</sub> N <sub>c</sub> S <sub>c</sub> + $\phi$ DN <sub>q</sub> S <sub>q</sub> $\phi$ )	(kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.331</b>	<b>1.286</b>	<b>0.986</b>	<b>1.271</b>
Tipo de suelo: (SUCS)		GW-GC	GC	ML	GC

Profundidad de cimentación: -1.00 m.

### Zonificación Geotécnica por la Capacidad Portante de los suelos.-

En el radio Urbano de la localidad de Anta-Izcuchaca, los suelos son rocosos en Anta antigua y suelos Fluvio aluvionales, conos aluvionales y lacustres en Izcuchaca por eventos del tipo climático ocurrido en diferentes periodos. Todo el sector de Anta-Izcuchaca comprende grava arcillosas, gravas bien graduadas, limo inorgánico y arena arcillosa: **Mapa Nº 11**

- Suelos GC, Son suelos de grava arcillosa, que ocupan los pies de ladera de las colinas bajas del entorno urbano y rural de Anta Izcuchaca. Con Qadm. De 1.28 Kgs/cm<sup>2</sup>.
- Suelos GW-GC, suelos de grava bien graduada y grava arcillosa, son suelos de depósitos fluvio aluvionales de la microcuenca Cachimayo antiguos del tipo climático, ocupan las franjas marginales del río, con Qadm. 1.331 Kgs/cm<sup>2</sup>.
- Suelos ML, suelos de limo inorgánico de origen lacustres, existen en toda el área agrícola de las pampas de anta hasta los pies de laderas de baja capacidad portante. Con Qadm. De 0.986 Kgs/cm<sup>2</sup>.
- Suelos SM, suelos de arena limosa por arrastre de material de lavaje de las colinas bajas del lado sur la ciudad.

#### 4.4.3 Mapa de Peligros Geotécnicos

Se ha elaborado el mapa de peligro geotécnico urbano de la localidad de Anta-Izcuchaca validados mediante la evaluación y estudios de suelos, con investigaciones efectuadas en campo y laboratorio, obteniéndose como resultados **Mapa N° 12**

##### **Peligro Geotécnico Muy Alto.-**

Suelos inestables no compactos ni consolidados, de limo inorgánico de baja plasticidad y baja capacidad portante menor a 0.98 a 1.27 kg/cm<sup>2</sup>. Se ha considerado las pampas de Anta del lado oeste de la ciudad en las zonas rurales y terrenos agrícolas.

##### **Peligro Geotécnico Alto.-**

Suelos de fluvio-aluvionales de grava arcillosa de la franja marginal del cauce del río Cachimayo y área del cauce de inundación capacidad portante baja 1.33 kg/cm<sup>2</sup> de heterometría graduada pero limitada a las edificaciones por cauces erosivos del río.

##### **Peligro Geotécnico Medio.-**

Suelos de grava arcillosa desarrollados en los pies de monte de las colinas bajas de Anta y la zona de transición con las pampas agrícolas con capacidad portante moderadamente estables 1.28 kg/cm<sup>2</sup>. Corresponde al área urbana centro actual a lo largo de la vía Cusco-Abancay.

##### **Peligro Geotécnico Bajo.-**

Sustratos rocosos en pendiente baja y media capacidad portante mayor a 2 kg/cm<sup>2</sup>. Corresponde a las colinas de Anta antigua y colinas del noreste y este.

En resumen, de las muestras extraídas de las calicatas se han procesado en laboratorio obteniéndose los siguientes resultados:

- Anta-Izcuchaca M-1.- clasificación SUCS: GW-GC, Grava bien graduada – grava arcillosa.
- Anta-Izcuchaca M-2.- clasificación SUCS: GW-GC, Grava bien graduada – grava arcillosa.
- Anta-Izcuchaca M-3.- clasificación SUCS: GC, Grava arcillosa.
- Anta-Izcuchaca M-4.- clasificación SUCS: SM Arena limosa.
- Anta-Izcuchaca M-5.- clasificación SUCS: ML, Limo inorgánico de baja plasticidad.
- Anta-Izcuchaca M-6.- clasificación SUCS: GC, Grava arcillosa.

De la auscultación dinámica con PDL, se ha obtenido los siguientes resultados de Qadm., para profundidades de Df: 1.00m, y B: 1.00m.

- IZ Ca-2 M2: 1.331 Kgs/cm<sup>2</sup>. Margen río Cachimayo
- IZ Ca-4 M3: 1.286 Kgs/cm<sup>2</sup>. Centro ciudad.
- IZ Ca-5 M5: 0.986 Kgs/cm<sup>2</sup>. Área agrícola este.
- IZ Ca-6 M6: 1.271 Kgs/cm<sup>2</sup>. Área agrícola oeste.

#### **4.5. Mapa de Peligros de origen Natural**

##### **4.5.1. Niveles de Peligros Naturales**

###### **Peligro Muy Alto**

- Cauces erosivos del río Cachimayo y cárcavas en desarrollo en laderas del entorno de la ciudad de Anta-Izcuchaca.
- Áreas inundables del río Cachimayo en el tramo de estrangulamiento del cauce en el centro de la ciudad de Anta-Izcuchaca y áreas agrícolas al cauce de inundación del Cachimayo.
- Derrumbes locales en colinas bajas de Anta antigua.
- Laderas de alta pendiente, suelos inestables y cárcavas en erosión regresiva.

###### **Peligro Alto**

- Suelos de baja capacidad portante por ser de origen lacustre compuestos de limo inorgánico de baja plasticidad ubicados en las pampas agrícolas del lado oeste y norte de Anta
- Laderas de fuerte pendiente de las colinas medias y altas de Anta.

###### **Peligro Medio**

- Terrazas aluviales próximos al área de influencia de desbordes, inundaciones, cauces erosivos.
- Colinas de moderada pendiente.
- Suelos de limos inorgánicos de las Pampas de Anta de topografía ligeramente inclinada casi planos y pies de monte de colinas bajas.

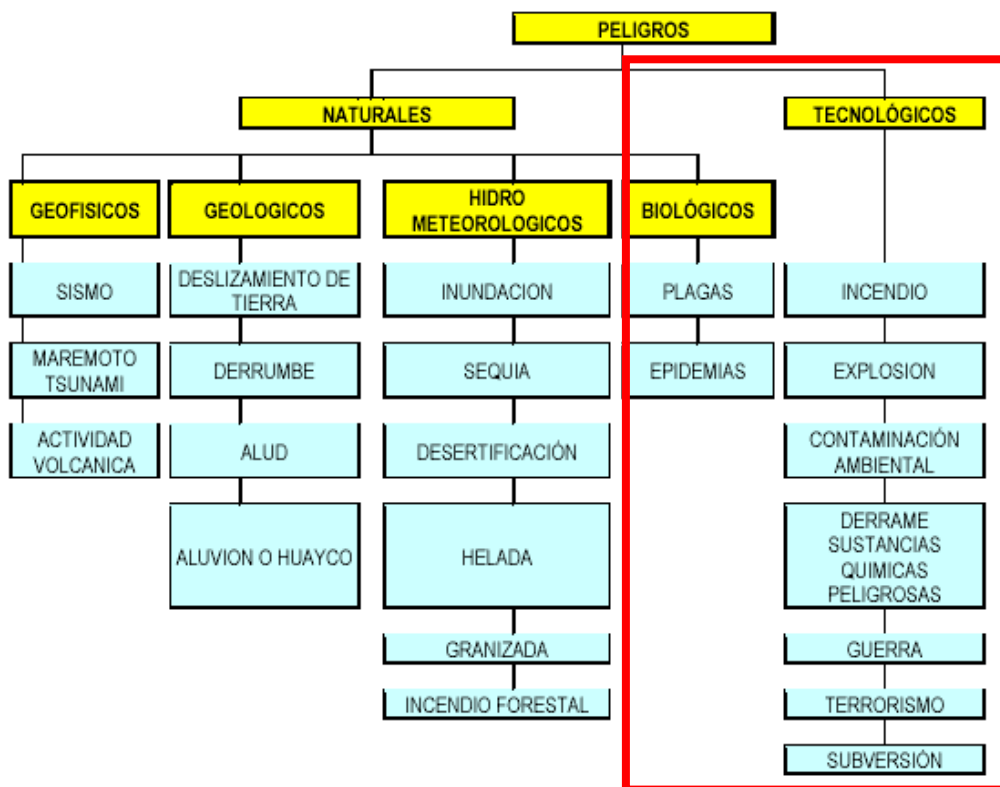
##### **4.5.2. Mapa de Peligros Naturales (Ver Mapa N° 13)**

#### **4.6 Peligros Tecnológicos**

Los peligros tecnológicos son aquellos que derivan de la actividad humana y que pueden constituir potencial amenaza en magnitud y en intensidad sobre la población, sus bienes, infraestructura y redes vitales.

##### **4.6.1. Clasificación de Peligros Tecnológicos**

Los Peligros tecnológicos según clasificación del INDECI (Manual Básico de Procedimientos del Comité de Defensa Civil) son:



El registro de incendios, explosiones, derrame de productos, emergencias médicas, rescate, corto circuito, accidentes vehiculares, entre otros, se puede obtener de las estadísticas de emergencias de CGBVP (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú) y SINPAD (Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres-INDECI). Para el caso de la ciudad de Anta-Izcuchaca, se hace uso del SINPAD.

El registro de contaminación ambiental, se obtiene de la observación directa en campo, corroboradas por las entrevistas realizadas a las autoridades de la provincia, instituciones y la población en general, sobre el sistema de manejo y gestión de los residuos sólidos, la disponibilidad e implementación de los sistemas de saneamiento básico ambiental (agua y desagüe), la existencia de granjas y criaderos de animales menores y mayores, así como la existencia de infraestructuras que generen incendios, explosiones y epidemias: mercados, ferias, cementerios, camal, comercio e industrias o establecimientos de expendio de sustancias químicas, inflamables o explosivos, en el ámbito jurisdiccional de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

#### 4.6.2. Estadísticas de Emergencias SINPAD

La fuente de información de los antecedentes históricos (últimos 10 años), sobre emergencias ocurridas en la ciudad de Anta-Izcuchaca, la constituye únicamente el Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres-SINPAD, del INDECI, se describen a continuación las principales emergencias que se presentaron en la ciudad: (Cuadro N° 25)

**CUADRO Nº 24**  
**CIUDAD DE ANTA-IZCUCHACA**  
**ESTADÍSTICA DE EMERGENCIAS DE LOS AÑOS 2003 AL 2011**

TIPO DE EMERGENCIA	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
INCENDIOS	0	0	0	0	0	0	0	2	0
EXPLOSIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DERRAME DE PRODUCTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESCATE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORTO CIRCUITO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTE VEHICULAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VARIOS	3	0	0	0	1	4	1	3	3
TOTAL	3	0	0	0	1	4	1	3	3

Fuente: Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres-SINPAD (INDECI)  
 Elaboración: Equipo Técnico Ciudades Sostenibles INDECI 2011

### 4.6.3. Peligros Tecnológicos

#### 4.6.3.1 Contaminación Ambiental

Los peligros tecnológicos relacionados a la contaminación ambiental que se registraron en la ciudad de Urcos, radican principalmente en la contaminación de agua del río Vilcanota por la emisión de desagües, efluentes líquidos a la Laguna de Urcos, contaminación de los suelos por acumulación de residuos sólidos en varios sectores de la ciudad y el botadero ubicado en Canchauran, concentración de comercio que manipula sustancias químicas, vía Cusco-Sicuani-Puerto Maldonado que es la ruta de transportes de sustancias químicas de todo tipo, incluyendo la vía férrea que pasa por el lado nor-este de la ciudad, entre otros.

#### A. Contaminación del Agua

La ciudad de Anta-Izcuchaca tienen como principal fuente hídrica el río Cachimayo, el cual recibe efluentes líquidos del entorno rural y urbano, afectando su calidad natural como fuente hídrica.

En la provincia de Anta, los colectores principales de aguas servidas y excretas están desaguando en los ríos y acequias provocando la eutrofización y consiguiente contaminación.

El río Cachimayo también recoge los residuos sólidos de la ciudad. Recorre de este a oeste la ciudad de Izcuchaca, evidenciándose una contaminación acuosa de los desagües domésticos, lavado de autos, detergentes, entre otros.





## B. Contaminación del Aire

En Anta-Izcuchaca la principal fuente de aporte de sustancias químicas contaminantes en el aire son los medios de transporte terrestre que pasan por la ciudad generando humos, especialmente la vía Cusco-Abancay que cruza Izcuchaca de Oeste a Este y viceversa en esta ruta circulan trailers, autos, camiones que transitan permanentemente.



En el caso de la línea de transmisión eléctrica a traviesa el ámbito de Anta-Izcuchaca por el lado Norte cruzando las áreas agrícolas; en el caso de las antenas móviles, estas se ubican en la colina baja de la vía que sube de Izcuchaca hacia Anta. Asimismo existe quema de vegetación puntual en el área rural en torno a la ciudad.

## C. Contaminación del Suelo

En Anta-Izcuchaca la acumulación de residuos sólidos es evidente. Existe servicio de limpieza pública restringida al área urbana, sin embargo se registran botaderos a cielo abierto en varios lugares al interior de la ciudad, en el perímetro urbano y en el Río Vilcanota, estos residuos están compuestos esencialmente por plásticos, papeles y residuos orgánicos.



Se ha identificado el inadecuado servicio de recojo, transporte y disposición final de desechos sólidos en la ciudad de Anta-Izcuchaca, teniendo como causas principales la inadecuada infraestructura e implementación en barrido y almacenamiento de residuos sólidos, existiendo botaderos a la intemperie con la consiguiente proliferación de vectores de enfermedades. Anta-Izcuchaca generan en promedio 31 TM, siendo un tonelaje difícil de transportar hasta el antiguo Botadero de Ccoyayoc donde ya se presentan problemas de contaminación de suelos y aguas por filtración de lixiviados.

Por otro lado se ha abierto el Relleno Sanitario de Kehuar ubicado a 1.5 kms de distancia de la ciudad de Anta-Izcuchaca cuenta con unas pequeñas celdas sin cercos pero requiere ser implementada.





También constituyen una fuente de alteración de la calidad natural del suelo las Canteras de extracción ubicadas al norte de Izcuchaca.

#### **D. Contaminación electromagnética**

Las fuentes electromagnéticas que rodean la ciudad de Anta-Izcuchaca son la Antena Móvil de Telefónica ubicada en la vía de acceso de Izcuchaca hacia Anta, la línea de de transmisión eléctrica que pasa al norte de Izcuchaca. Al interior de la ciudad tenemos las antenas radioemisoras de Anta.

#### **4.6.3.2 Epidemias, epizootias, plagas.**

##### **A) Mercado.**

Izcuchaca cuenta con un mercado municipal que se ubica sobre la vía Cusco-Abancay a dos cuadras de la Plaza de Armas al lado del Municipio Provincial, sin embargo el comercio de productos informal siempre se ubica en los alrededores de la Plaza.

Las instalaciones se encuentran en buen estado pero no trabaja a su capacidad instalada.



## B) Camal

Actualmente el beneficio de ganado en la provincia de Anta se realiza en condiciones no adecuadas e insalubre por tales circunstancias, por lo cual el sistema de matanza de ganado (bovino, ovino, porcino) así como las grandes cantidades de desperdicios consumibles y no consumibles son producidos, la mayoría de los cuales podría ser procesado y utilizados más adelante, requiriéndose el mejoramiento del sistema de beneficio ganadero.



## C) Comercio

Debido a que la ciudad de Anta-Izcuchaca son ruta importante de transporte comercial, permanentemente aparecen ferias alrededor de la vía y Plaza de Armas, donde se vende productos varios en condiciones informales, siendo focos de de infección especialmente de productos alimenticios.



## D) Residuos Hospitalarios

En Anta-Izcuchaca existe un Centro de Salud de Anta que cuenta con 3 médicos y 4 enfermeros, 1 odontólogo y 1 profesional de salud.

En la actualidad, el centro de salud de Anta, brinda sus servicios, en un contexto caracterizado por la carencia de equipos, mobiliario, instrumentos básicos, etc., por lo cual la disposición de residuos hospitalarios no es óptima y genera foco de epidemias.

#### 4.6.3.3 Peligros por Sustancias Químicas

##### A) Sustancias Químicas

Las sustancias químicas que se manipulan en la ciudad de Anta-Izcuchaca se ubican a lo largo de la vía que cruza el centro de la ciudad donde se comercializan productos ferreteros, detergentes, medicamentos, agroquímicos, alcohol, abarrotos y otros.

Las rutas de transportes de sustancias químicas donde se pueden producir accidentes por derrames son la vía Cusco-Abancay.



##### B) Inflamabilidad y Explosiones

###### Grifos y estaciones de servicio

Las estaciones de expendio de combustible se ubican a lo largo de la vía Carretera Cusco-Abancay, y dentro del local de transporte interurbano, según se indica en el Cuadro N°

Las condiciones de seguridad en la venta de combustible requiere la verificación permanente de los planes de seguridad y contingencia sí como el control de los volúmenes de almacenamiento. Además se combina el servicio de autos y/o custers de transporte y la venta de combustibles en el mismo local.

**CUADRO N° 25  
CIUDADES DE ANTA-IZCUCHACA  
GRIFO, ESTACION DE SERVICIOS**

CALLE	RAZON SOCIAL
PROLONG. AV ROSARIO KM 19.5	LABIMOTORS
JR. JUNIN 4 - IZCUCHACA	EMPRESA AUTO COLECTIVOS ANTA EXPRESS
CARRETERA CUSCO-ABANCAY KM. 30	MULTISERVICIOS CRIS EIRL
URB. SANTA ROSA JR. JUNIN S/N	PETRO CENTRO URUBAMBA EIRL
CARRETERA CUSCO-ABANCAY KM. 26 FUNDO QUINTA MARÍA PUCRUPAMPA	SERVICENTRO SEÑOR DEL CABILDO SCR LTDA



### Venta de Gas

Son pocas las instalaciones de venta gas GLP con permiso autorizado, por lo que la venta de balones se realiza también en tiendas de abarrotes u otros sin permiso.

**CUADRO N° 26  
CIUDADES DE ANTA-IZCUCHACA  
VENTA DE GAS**

CALLE	N°	PROPIETARIO
JR. JAQUIJAHUANA	417	GRIFO LATINO SAC
CARRETERA CUSCO-ABANCAY KM.31		ROSALIO HUAMAN LAVA

### Terminal de transporte

El terminal de transporte terrestre de autos y cousters funciona simultáneamente como local de expendio de combustible. Actividades que deben ir separadas por cuanto la población no debe estar expuesta a esta fuente de incendio y explosiones.

Este terminal está ubicado en la margen derecha del río Cachimayo y la vía que sale de Izcuchaca a Huarcocondo.



Ver las actividades antrópicas en el Mapa N° 14

#### 4.6.4 Mapa de Peligros Tecnológicos (Mapa N°15)

##### Peligro Tecnológico Muy Alto

- Relleno Sanitario de Kehuar.
- Ruta de transporte vía Cusco-Abancay que cruza la ciudad de Izcuchaca de este a oeste, trasladando sustancias químicas peligrosas que pueden producir derrames, explosiones por accidente.
- Río Cachimayo en las inmediaciones de la ciudad contaminado por efluentes líquidos.
- Líneas de alta tensión que pasan por el norte de la ciudad de Anta-Izcuchaca en las áreas rurales.
- Acumulación de residuos sólidos en varios puntos de la ciudad de Anta-Izcuchaca.
- Terminal terrestre de autos y cousters por ser fuentes de incendios y explosiones al contar con servicio de expendio de combustibles.
- Grifos y estaciones de servicio de la ciudad de Anta-Izcuchaca.

### **Peligro Tecnológico Alto**

- Plaza principal y vía donde se ubican lugares de expendio de sustancias químicas y ferias informales así como rutas de transporte hacia las zonas rurales de Anta-Izcuchaca.
- Área de influencia del botadero de Ccoyayoc y relleno sanitario de Kehuar.
- Área urbana donde se ubican el mercado, centro de salud, camal, y contaminación electromagnética.
- Área urbana del centro poblado por la ubicación del centro de salud y el tratamiento de sus residuos sólidos y líquidos de manera común con los de la población en general.
- Canteras de extracción de material de préstamo que alteran la calidad de los suelos.

### **Peligro Tecnológico Medio**

- Áreas agrícolas situadas en las proximidades de Anta-Izcuchaca donde se realiza crianza de ganado, aves potenciales focos de epidemias o plagas, así como el uso agroquímicos.
- Bosque de protección expuesto a tala indiscriminada.

## CAPITULO V

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE LOS EFECTOS DE LOS PELIGROS

#### 5.1. Identificación de áreas seguras para el crecimiento de la Ciudad

##### 5.1.1. Localización

En la ciudad de Anta-Izcuchaca, como en la casi totalidad de la ciudad del país, los crecimientos urbanos se dan bajo un planeamiento urbano a través de las municipalidades en terrenos señalados como “aptos” bajo criterios básicamente urbanísticos; y, mayormente, por las “invasiones” que se dan en terrenos agrícolas o próximos a cuerpos de agua, sin ningún criterio técnico.

##### 5.1.2. Condiciones naturales del sitio

Los suelos de la ciudad de Anta-Izcuchaca están constituidos por limos inorgánicos de baja plasticidad en la mayor parte de las pampas agrícolas de Anta, grava arcillosa bien gradada en las franjas marginales del cauce del río Cachimayo, arena limosa en zonas transicionales entre las colinas bajas y las pampas del lado sur y este de la ciudad; por otro lado hay presencia de gravas arcillosas en los pies de laderas transicionales a las pampas y terrazas bajas del entorno colinoso de Anta-Izcuchaca. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.98 a 1.33 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponde a laderas propensas a remoción de masas por derrumbes locales, desarrollo de cárcavas, suelos de baja capacidad portante de limo inorgánico, áreas inundables de la ciudad afectadas por el curso del río Cachimayo.

En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Abancay que cruza Anta-Izcuchaca, áreas agrícolas con uso de agroquímicos y quema de vegetación, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbano marginales; vías de transporte terrestre y paradas informales poco articuladas con un terminal terrestre poco implementado y seguro. La contaminación del agua del río y acequias por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural.

Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación, asesoría y capacitación en sistemas constructivos en zonas geotécnicas de baja capacidad portante menores a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.

## **5.2. Pautas Técnicas**

Luego de haberse realizado los estudios geológicos, hidrológicos y geotécnicos de la ciudad de Anta-Izcuchaca dentro del “Proyecto Mapa de Peligros”, se dan las siguientes pautas técnicas, de carácter constructivo, las mismas que son orientativas dentro del planeamiento urbano de la ciudad, tanto para enfrentar los problemas de respuesta del suelo en el territorio urbano (ciudad y áreas marginales), cuanto para la ampliación urbana:

### **5.2.1. Para Edificaciones y habilitaciones urbanas existentes**

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Anta-Izcuchaca de baja capacidad portante.
- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos.
- Tratamiento de derrumbes de rocas en viviendas afectadas.

### **5.2.2 Para Nuevas Edificaciones y habilitaciones urbanas**

- Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.
- Prohibición de edificaciones en laderas de pendiente media y alta, borde o lecho del río Cachimayo o cauces erosivos y zonas con desarrollo de cárcavas y suelos lacustres de limo inorgánico de baja plasticidad y capacidad portante menor a 1 kg/cm<sup>2</sup> de las pampas de Anta.

### **5.2.3. Para Expansión Urbana**

- Se recomienda para la expansión urbana de Anta-Izcuchaca ocupar las áreas con mayor capacidad portante en los suelos transicionales de colinas bajas y terrenos fluvio-aluvionales que no sean bordes terminales de conos deyección de cauces de quebradas. Siendo éstas las zonas centro y este entorno urbano actual de Anta-Izcuchaca.

### **5.2.4 Para Sistemas de Drenaje Pluvial, Defensa ante Huaycos e Inundaciones**

- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Encauzamiento del río Cachimayo y cambio de diseño del puente, en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo debido a la fuerte pendiente del cauce.



### 5.3. Fichas de Proyectos de Mitigación

#### 5.3.1. Ante Peligros de origen Natural

A continuación, se proponen diez (10) proyectos relacionados con los peligros naturales y tecnológicos que impactan en el ámbito urbano/rural de Anta-Izcuchaca.

**Cuadro Nº 27**  
**PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS NATURALES**

LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	Costo Aprox. (S/.)	PRIORIDAD
<b>PROYECTO Nº 01</b> ZONA SUR DE LA CIUDAD DE ANTA-IZCUCAHACA	TRATAMIENTO DE DERRUMBES DE ROCA	150,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 02</b> RÍO CACHIMAYO – TRAMO URBANO IZCUCACHACA	AMPLIACIÓN Y ENCAUZAMIENTO DEL RÍO CACHIMAYO AGUAS ARRIBA Y DEBAJO DE IZCUCACHACA	180,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 03</b> CIUDAD DE ANTA-IZCUCACHACA	DIFUSION EN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE	Recursos Ordinarios	PRIMERA

Fuente: Ficha Técnica de Proyectos

#### 5.3.2. Ante Peligros Tecnológicos

Los proyectos recomendados para enfrentar los peligros tecnológicos en Anta-Izcuchaca y su entorno, están orientados a:

**Cuadro Nº28**  
**PROYECTOS RECOMENDADOS ANTE PELIGROS TECNOLÓGICOS**

LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	Costo Aprox. (S/.)	PRIORIDAD
<b>PROYECTO Nº 04</b> ÁREA RURAL DE ANTA-IZCUCACHACA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	1 500, 000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 05</b> RÍO CACHIMAYO Y ACEQUIAS DE PAMPAS DE ANTA-IZCUCACHACA	CAMPANAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO CACHIMAYO	100,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 06</b> {AMBITO EXTRAURBANO DE ANTA-IZCUCACHACA	CONSTRUCCIÓN DE CAMAL MUNICIPAL	400,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 07</b> CIUDAD DE ANTA-IZCUCACHACA Y – AMBITO RURAL	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD	3 000,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 08</b> QUEHUAR ANTA	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE RELLENO SANITARIO	550,000	PRIMERA

<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo Aprox. (S/.)</b>	<b>PRIORIDAD</b>
<b>PROYECTO Nº 09 CENTRO DE ANTA-IZCUCHACA</b>	MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y FUNCIONAMIENTO DE TERMINAL TERRESTRE DE IZCUCHACA	150,000	PRIMERA
<b>PROYECTO Nº 10 VÍA PRINCIPAL DE ANTA-IZCUCHACA</b>	CONTROL URBANO DE LOCALES BDE MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS E INFLAMABLES	Recursos ordinarios	SEGUNDA

Fuente: Ficha Técnica de Proyectos

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Los suelos de la ciudad de Anta-Izcuchaca están constituidos por limos inorgánicos de baja plasticidad en la mayor parte de las Pampas agrícolas de Anta, grava arcillosa bien gradada en las franjas marginales del cauce del río Cachimayo, arena limosa en zonas transicionales entre las colinas bajas y las pampas del lado sur y este de la ciudad; por otro lado hay presencia de gravas arcillosas en los pies de laderas transicionales a las pampas y terrazas bajas del entorno colinoso de Anta-Izcuchaca. La capacidad portante de acuerdo a la zonificación geotécnica es en promedio de menos 0.98 a 1.33 kg/cm<sup>2</sup>.
- En cuanto a los peligros naturales, la presencia de fenómenos de geodinámica externa corresponden a laderas propensas a remoción de masas por derrumbes locales, desarrollo de cárcavas, suelos de baja capacidad portante de limo inorgánico, áreas inundables de la ciudad afectadas por el curso del río Cachimayo.
- En relación con los peligros tecnológicos, las actividades antrópicas relevantes son el manejo inadecuado de sustancias peligrosas en comercios a lo largo de la vía Cusco-Abancay que cruza Anta-Izcuchaca, áreas agrícolas con uso de agroquímicos y quema de vegetación, contaminación de los suelos debido a la disposición de residuos sólidos en sectores urbano marginales; vías de transporte terrestre y paradas informales poco articuladas con un terminal terrestre poco implementado y seguro. La contaminación del agua del río y acequias por efluentes domésticos incluyendo los producidos por el beneficio de ganado en el área rural.

#### 6.2 Recomendaciones

Como medidas de prevención y mitigación se debe realizar las siguientes acciones:

- Asesoría técnica en reforzamiento de edificaciones y capacitación en sistemas constructivos por ser los suelos de Anta-Izcuchaca de baja capacidad portante.
- Restringir las edificaciones en altura mayores a dos pisos.
- Tratamiento de derrumbes de rocas en viviendas afectadas.
- Para fines de cimentación, en condiciones normales, los suelos son aptos para edificaciones ligeras (un piso); para mayores, ya hay la necesidad de hacer diseño apropiado de cimentación. Para todos los casos, se recomienda profundidades de cimentación a no menos de 1.00 m.
- Prohibición de edificaciones en laderas de pendiente media y alta, borde o lecho del río Cachimayo o cauces erosivos y zonas con desarrollo de cárcavas

y suelos lacustres de limo inorgánico de baja plasticidad y capacidad portante menor a 1 kg/cm<sup>2</sup> de las pampas de Anta.

- Se recomienda para la expansión urbana de Anta-Izcuchaca ocupar las áreas con mayor capacidad portante en los suelos transicionales de colinas bajas y terrenos fluvio-aluvionales que no sean bordes terminales de conos de deyección de cauces de quebradas. Siendo éstas las zonas centro y este entorno urbano actual de Anta-Izcuchaca.
- Tratamiento de la microcuenca a través de la recuperación de la cobertura vegetal en la parte media y alta de la microcuenca para disminuir la escorrentía superficial.
- Encauzamiento del río Cachimayo y cambio de diseño del puente, en la zona urbana tomando en cuenta el comportamiento hidráulico del flujo debido a la fuerte pendiente del cauce.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ACCIDENTE (SINIESTRO).**- Evento indeseado e inesperado que ocurre rápidamente causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**ACCIÓN PRIORITARIA.**- Corresponden a medidas susceptibles de ser implementadas en el corto plazo y en proporción a los recursos disponibles, de tal modo que para ejecutarlas es suficiente la decisión de hacerlo.

**AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO.**- Aguas contaminadas por uso domestico. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto de los últimos años por la contaminación que genera a los ecosistemas.

**ALUVIÓN.**- Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas.

**AVENIDA.**- Crecida impetuosa de un río. En algunos lugares del país se llama localmente riada.

**CÁLCULO HIDRAÚLICO.**- calculo que permite determinar la altura de agua o tirante, la sección estable del rio, la profundidad de socavación y como consecuencia del mismo la altura de protección del dique (enrocado o gaviones) y la profundidad de uña a enrocar o ancho de colchón antisocavante.

**CARCÁVA.**- Zanja excavada en sedimentos no consolidados en las laderas por acción del agua sin encauzar.

**CIUDADES SOSTENIBLES.**- Aquellas ciudades seguras, saludables, atractivas, ordenadas y eficientes; en funcionamiento y desarrollo. Estas características no deben afectar al medio ambiente gobernable y competitivo.

**COMBUSTIBLE.**- Cualquier sustancia que causa una reacción con el oxígeno de forma violenta, con producción de calor, llamas y gases. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química). En general se trata de algo susceptible de quemarse.

**CONDUCTO CERRADO.**- estructura, por lo general de concreto armado, de sección cuadrada, rectangular o circular, que permite, en este caso, cruzar áreas urbanas sin que se afecten mutuamente, no se contamina el recurso hídrico que conduce el conducto cerrado y la ciudad desarrolla sus actividades sin interrupción.

**CONTAMINACIÓN.**- Significa todo cambio indeseable en las características del aire, agua o suelo, que afecta negativamente a todos los seres vivientes del planeta. Estos cambios se generan principalmente por acción del ser humano.

**CUENCA HIDROGRÁFICA.-** Región avenida por un río y sus afluentes. La Cuenca Hidrográfica es el espacio que recoge el agua de las precipitaciones pluviales y, de acuerdo a las características fisiográficas, geológicas y ecológicas del suelo, donde se almacena, distribuye y transforma el agua proporcionando a la sociedad humana el líquido vital para su supervivencia y los procesos productivos asociados con este recurso, así como también donde se dan excesos y déficit hídricos, que eventualmente devienen en desastres ocasionados por inundaciones y sequías.

**DEFENSA CIVIL.-** Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres o calamidades.

**DERRAME.-** Es el escape de cualquier sustancia líquida, sólida o la mezcla de ambas, de cualquier recipiente o conducto que la contenga como son: tuberías, equipos, tanques de almacenamiento, autotanques, carrotanques, etc.

**DERRUMBE.-** Desplazamiento violento, generalmente inusitado, de masas de rocas fracturadas a manera de fragmentos; originado por la descompresión de la roca, favorecido por los agentes de intemperismo (lluvias mayormente) o por la misma gravedad.

**DESASTRE.-** Una interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).

**DESCOLMATACIÓN.-** eliminación de los sedimentos que han colmatado la caja hidráulica del río.

**DESLIZAMIENTO.-** Desplazamientos, pendiente abajo, de masas de rocas o suelos (o de ambos) por la pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación por agua, presencia de materiales arcillosos, que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de las vertientes; o por otras causas.

**DIQUE SEMICOMPACTADO.-** relleno masivo con material propio de río, se “compacta” con pasada de tractor de orugas, para que se comporten como defensa ribereña, necesita necesariamente protegerlos con enrocado o gaviones.

**ECOSISTEMA.-** Sistema dinámico relativamente autónomo, formado por una comunidad natural y su ambiente físico. Tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos (plantas, animales, bacterias, algas, protozoos y hongos, entre otros) que forman la comunidad y los flujos de energía y materiales que la atraviesan.

**EFLUENTE INDUSTRIAL.-** Sustancias líquidas, gaseosas o volátiles que se desprenden o son vertidas como producto de la actividad de transformación o de producción industrial. Descarga de contaminantes al ambiente con o sin tratamiento.

**ELEMENTOS EN RIESGO.-** La población, las construcciones, las obras de ingeniería, actividades económicas y sociales, los servicios públicos e infraestructura en general, con grado de vulnerabilidad.

**EMERGENCIA.-** Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.

**QUIPO TÉCNICO.**- Grupo de especialista encargado de elaboración del estudio.

**EROSIÓN FLUVIAL.**- Desgaste que producen las fuerzas hidráulicas de un río en sus márgenes y en el fondo de su cauce con variados efectos colaterales.

**EROSIÓN.**- Desintegración, desgaste o pérdida de suelo y/o rocas como resultado de la acción del agua y fenómenos de intemperismo.

**ESTACIÓN DE SERVICIOS.**- Establecimiento de Venta al Público de Combustibles, dedicado a la comercialización de Combustibles a través de surtidores y/o dispensadores exclusivamente; y que además ofrecen otros servicios en instalaciones adecuadas, tales como: Lavado y engrase, Cambio de Aceite y Filtros, Venta de llantas, Lubricantes, Aditivos, Baterías, Accesorios y demás artículos afines, cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento nacional específico.

**EVALUACIÓN DE PELIGRO.**- Procedimientos que tienen por objeto la identificación, predicción e interpretación de los peligros que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos.

**EXPLOSIVO.**- Producto que mediante el aporte de energía térmica o de impacto pueda originar una reacción en cadena con generación de ondas de presión que se propaguen a una velocidad superior a 1 m/sg.

**FALLA GEOLÓGICA.**- Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Los procesos tectónicos generan las fallas.

**FENÓMENO NATURAL.**- Todo lo que ocurre en la naturaleza, puede ser percibido por los sentidos y ser objeto del conocimiento. Además del fenómeno natural, existe el tecnológico o inducido por la actividad del hombre.

**FENÓMENO TECNOLÓGICO.**- Todo fenómeno producido por la actividad del hombre que puede provocar una situación de emergencia, como son la contaminación ambiental, derrame de sustancias químicas peligrosas, incendios, explosiones, etc.

**GAS INFLAMABLE.**- De acuerdo al DOT (Departamento de Transporte de los EUA), cualquier gas que en condiciones normales de temperatura y presión (CNTP) forme una mezcla inflamable con el aire en una concentración menor o igual al 13%, o cualquier gas que, a CNTP, tenga un rango de mezclas inflamables con el aire mayor al 12%, independientemente de su límite inferior de inflamabilidad.

**GAS LICUADO DE PETRÓLEO-GLP.**- Es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de condensar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano.

**GAVIÓN.**- caja prismática rectangular formada por mallas (cocada de 10 x 12 cm) de alambre galvanizado, que puede ser tipo colchón o caja y es rellena por lo general con piedra de canto rodado de río, como colchones se disponen en el talud húmedo del dique, como antisocavante, y en el caso de cajas, se disponen como muros de encauzamiento o empotramiento.



**GEODINÁMICA.-** Proceso que ocasiona modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).

**GEOTEXTIL.-** tela agujada, no tejida, de polietileno que ha sido diseñada para actuar como filtro.

**GESTIÓN (ADMINISTRACIÓN) DEL RIESGO.-** La aplicación sistemática de administración de políticas, procedimientos y prácticas de identificación de tareas, análisis, evaluación, tratamiento y monitoreo de riesgos. La tarea general de la gestión del riesgo debe incluir tanto la estimación de un riesgo particular como una evaluación de cuán importante es. Por tanto, el proceso de la gestión del riesgo tiene dos partes: la estimación y la evaluación del riesgo. La estimación requiere de la cuantificación de la data y entendimiento de los procesos involucrados. La evaluación del riesgo consiste en juzgar qué lugares de la sociedad en riesgo deben encarar éstos, decidiendo qué hacer al respecto.

**GRIFO.-** Establecimiento de Venta al Público de Combustibles, dedicado a la comercialización de Combustibles a través de surtidores y/o dispensadores, exclusivamente. Puede vender kerosene sujetándose a las demás disposiciones legales sobre la materia.

Asimismo, podrá vender lubricantes, filtros, baterías, llantas y accesorios para automotores.

**HUAYCO.-** Término peruano referido a descensos violentos de grandes masas de lodo y fragmentos de roca de diferentes dimensiones, debido a la saturación por agua de estos materiales, en superficies más o menos inclinadas.

**IMPACTO.-** Alteración favorable (Impacto Positivo) o desfavorable (Impacto negativo) en el medio o en alguno de los componentes del medio producido por una acción o actividad.

**INCENDIO.-** Es una ocurrencia de fuego no controlada que puede ser extremadamente peligrosa para los seres vivos y las estructuras. La exposición a un incendio puede producir la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por ella y posteriormente quemaduras graves.

**INFLAMABLE.-** Producto combustible que tenga un punto de inflamación igual o inferior a 55°C.

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.-** Organismo central, rector y conductor del Sistema Nacional de Defensa Civil - SINADECI, encargado de la organización de la población, coordinación, planeamiento y control de las actividades de Defensa Civil.

**INUNDACION.-** Fenómeno mediante el cual una corriente importante de agua cubre áreas de terrenos aledaños al curso geográfico por donde se desplaza el agua (ríos/quebradas).

**LICUACIÓN.-** Transformación de un suelo granulado, principalmente arena, en estado licuado, causada generalmente por el sacudimiento que produce un terremoto.

**MAPAS DE PELIGRO.-** Son mapas que representan de manera gráfica la distribución de las características de los fenómenos perturbadores con base en conocimientos científicos y en datos estadísticos y probabilísticos. En éstos se contemplan estudios

sobre diferentes fenómenos de origen natural o antropogénico, que conducen a la determinación del nivel cuantitativo del peligro o amenazas que existen en un lugar específico (municipio, estado país). Los estudios de peligros se basan en información sobre el medio físico y pueden realizarse a distintas escalas.

**MATERIAL ALUVIAL.**- Material antiguo depositado lateralmente por un curso de agua que ha adquirido cierta compacidad; constituido por gravas y arenas con cobertura de suelo arcillo limoso. Constituyen los usos agrícolas en los fondos de los valles.

**MATERIAL COLUVIAL.**- Material fragmentado de la roca, transportado y acumulado por gravedad; generalmente se ubica en los taludes de los cerros, son heterogéneos en forma y tamaño.

**MATERIAL FLUVIAL.**- Material suelto que ocupa los cauces actuales de los ríos y quebradas importantes, que han sufrido un gran transporte, adquiriendo redondez en sus elementos.

**MATERIAL INCONSOLIDADO.**- Es el material suelto o poco compactado producto de la desintegración de la roca, transporte y deposición por alguna incentivación mecánica (agua, gravedad, viento. Su granulometría es variada; va desde muy fino (arenas) hasta bloques en matriz fina.

**MERCANCÍAS PELIGROSAS.**- Son materias u objetos que presentan riesgo para la salud, para la seguridad o que pueden producir daños en el medio ambiente, en las propiedades o a las personas. El término mercancía peligrosa se utiliza en el ámbito del transporte; en los ámbitos de seguridad para la salud o etiquetado se utiliza el término sustancia o preparado peligroso.

**METEORIZACIÓN.**- Desagregación y/o transformaciones de las rocas por procesos mecánicos, químicos, biológicos, principalmente bajo la influencia de fenómenos atmosféricos.

**MITIGACIÓN.**- Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientados a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos.

**MONITOREO.**- Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.

**NAPA FREÁTICA.**- Corriente de agua subterránea de carácter permanente, con características hidráulicas propias, como geometría, fluctuaciones de nivel, etc.

**NIVEL DE PELIGRO.**- Concentración de un material peligroso en el aire que sigue una emisión, un flujo termal en caso del fuego y/o una onda de choque en caso de la explosión de la cual puede haber daños serio e irreversible a la salud y a la vida.

**OBJETO DE RIESGO.**- Una industria, un depósito, etc., que implican un peligro o una fuente de riesgo. Pueden existir varias fuentes de riesgo en un mismo objeto de riesgo.

**PELIGRO.**- La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

**PELIGRO NATURAL.-** La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino, que puede presentarse en un lugar vulnerable.

**PELIGRO TECNOLÓGICO.-** La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno tecnológico potencialmente dañino, que puede presentarse en un lugar vulnerable.

**PREPARACIÓN Y EDUCACIÓN.-** La Preparación se refiere a la capacitación de la población para las emergencias, realizando ejercicios de evacuación y el establecimiento de sistemas de alerta para una respuesta adecuada (rápida y oportuna) durante una emergencia. La Educación se refiere a la sensibilización y concientización de la población sobre los principios y filosofía de Defensa y Protección Civil, orientados principalmente a crear una Cultura de Prevención.

**PREVENCIÓN.-** El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismorresistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras, del agua, sobre ordenamiento urbano y otras).

**PRODUCTOS PIROTÉCNICOS.-** Artificio o producto resultante de la combinación o mezclas de sustancias químicas, debidamente confinadas, que al ser accionadas o encendidas producen combustión acelerada de sus componentes, desde el inicio hasta sus efectos finales, pudiendo ocasionar por deflagración o detonación efectos luminosos, fumígenos, sonoros o dinámicos. Pueden contener antioxidantes u otros aditivos que mejoren su calidad.

**PRONÓSTICO.-** Es la metodología científica basada en estimaciones estadísticas y/o modelos físico-matemáticos, que permiten determinar en términos de probabilidad, la ocurrencia de un movimiento sísmico de gran magnitud o un fenómeno atmosférico para un lugar o zona determinados, considerando generalmente un plazo largo; meses, años.

**PUNTO DE INFLAMABILIDAD.-** Es la temperatura más baja necesaria a la que un combustible comienza a desprender vapores, los cuales forman una mezcla con el oxígeno de aire o cualquier otro producto oxidante, que es capaz de arder y que en el mayor de los casos puede originar una inflamación violenta de la mezcla la cual no logra mantenerse (centelleo). Cuanto menor sea la temperatura de inflamación mayor será el riesgo de incendio.

**RADIO MÁXIMO DE PELIGRO.-** Representa la distancia estimada que puede ser potencialmente afectada por la liberación de una sustancia peligrosa en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o la muerte de las poblaciones humanas por efectos de una liberación accidental.

**RECONSTRUCCIÓN.-** La recuperación del estado pre-desastre, tomando en cuenta las medidas de prevención necesaria y adoptada de las lecciones dejadas por el desastre.

**REHABILITACIÓN.-** Acciones que se realizan inmediatamente después del desastre. Consiste fundamentalmente en la recuperación temporal de los servicios básicos (agua, desagüe, comunicaciones, alimentación y otros) que permitan normalizar las actividades en la zona afectada por el desastre. La rehabilitación es parte de la Respuesta ante una Emergencia.

**RESIDUOS SÓLIDOS.-** Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está

obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente.

**RIESGO.-** Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

**ROCA EXTRUSIVA (VOLCÁNICA).-** Rocas ígneas (primarias) provenientes del magma, que consolidan sobre la superficie terrestre o muy cercana a ella.

**ROCA INTRUSIVA.-** Rocas ígneas (primarias) provenientes del magma, que consolidan a gran profundidad.

**ROCAS SEDIMENTARIAS (SECUNDARIAS).-** Rocas exógenas producto de la consolidación de materiales detríticos originados por la erosión de rocas preexistentes (primarias).

**SISMO.-** Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la Tierra.

**SUSTANCIA PELIGROSA.-** Aquella sustancia que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

**TALUD.-** Es la superficie inclinada del terreno que se extiende desde la base a la cumbre de una ladera; comprende roca o material de cobertura.

**TECTÓNICA.-** Ciencia relativamente nueva, rama de la geofísica, que estudia los movimientos de las placas tectónicas por acción de los esfuerzos endógenos. Existen de tres tipos: de colisión (compresión), de separación (tensión) y de movimiento lateral(transformante).

**TÓXICO.-** Producto que pueda ocasionar una pérdida de salud a toda persona que pueda verse expuesta a la acción contaminante del mismo y disponga de algún parámetro de referencia que determine su toxicidad a través de cualquiera de las vías de entrada en el organismo humano.

**VULNERABILIDAD.-** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.

**ZONA DE ESTUDIO.-** Espacio geográfico de interés donde se desarrolla la investigación.

**FICHA TÉCNICA N° 01**

**PROYECTO:** *Tratamiento de derrumbes de roca en la zona sur de la ciudad de Anta-Izcuchaca.*

**UBICACIÓN:**

*Zona sur de la ciudad de Izcuchaca - Anta*

**OBJETIVOS:**

*Prevenir futuros derrumbes de roca sobre las viviendas asentadas al pie de la ladera sur del cerro Izcuchaca*



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

*Corto y mediano plazo*

*Primera*

**DESCRIPCION:**

*La ciudad de Izcuchaca se asienta en las faldas de la ladera sur del cerro Izcuchaca, en la que los pobladores para ampliar el área de construcción realizaron cortes de talud en roca, esta roca corresponde a areniscas muy fracturadas de la formación Kayra por lo que se han vuelto inestables.*

*Se recomienda el tratamiento de estabilidad de taludes con cortes y/o muros de contención para proteger las vivienda, también se recomienda la ejecución de un plan de concientización a los pobladores de esta zona fin de evitar realizar cortes en las laderas para ganar áreas de construcción.*

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

*El monto estimado asciende a la suma de S/. 150,000.00.*

**BENEFICIARIOS:**

*Toda la población del poblado de Izcuchaca.*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Municipalidad distrital de Izcuchaca.*

*Preventivo de riesgos*

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

*Recursos Propios.*

*Alto*

**FICHA TÉCNICA N° 03**

**PROYECTO: Difusión en Técnicas Constructivas para edificaciones existentes en suelos de baja capacidad portante**

**UBICACIÓN:**

Ciudad de Anta-Izcuchaca

**OBJETIVOS:**

Crear conciencia entre la población, sobre los riesgos que representan las amenazas naturales en los sistemas constructivos de sus viviendas y los beneficios de la prevención, a través de programas de capacitación y la difusión de folletos para la construcción de nuevas edificaciones y mejorar la calidad de las existentes.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Corto y mediano plazo

Primera

Autoconstrucciones en la ciudad de Anta-Izcuchaca.

**DESCRIPCION:**

La difusión de los sistemas constructivos se debe desarrollar a través de folletos y Seminarios taller dirigidos por profesionales técnicos a la población. El proyecto debe priorizar al corto plazo la divulgación de los riesgos en los sectores críticos identificados a fin de crear conciencia preventiva en la población. Los folletos deben incluir propuesta de diseño de viviendas con el material predominante de la zona (adobe), así como el procedimiento constructivo, debiendo contener:

- Parte de la Construcción y su Función: Cimientos, Sobrecimientos, Columnas, Muros, Vigas, Dinteles, Techos y Coberturas, Tarrajeo (muros), Enlucido (techo) y Pisos.

- Materiales para la Construcción: Cemento, Cal, Yeso, Arena, Piedra, Hormigón, Ladrillo, Fierro, Madera y Agua.-  
Proporciones de Materiales para la construcción: Cimiento, Sobrecimiento, Columna, Viga, Muros (asentados), Pisos (marquetas de yeso, cemento), Techos.

- Proceso Constructivo, se debe tener en cuenta: Preparación de Terreno (limpieza y nivelación), Cortes y Rellenos (movimiento de tierras, trazo), Cimentación (ubicación, dimensiones y materiales), Refuerzo de Muros (ubicación, refuerzos horizontales y verticales, dimensiones y materiales), Las Vigas y Dinteles (ubicación, tipos, dimensiones, materiales), Muros (adobe y ladrillo – tipos y dimensiones; Mortero – tipos, materiales, colocación), Piso (función, tipos y materiales), Cobertura (techos con cobertura liviana y otros), Instalaciones (sin empotrar y empotradas), Tarrajeos (tipos y materiales), Acabados (tipos y materiales).

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

Recursos Ordinarios de la Municipalidad Provincial de Anta

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población del poblado de Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.

Preventivo de riesgos

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Recursos Propios.

Alto



**FICHA TECNICA N° 02 ANTA - IZCUCHACA**

**PROYECTO: Ampliación y Encauzamiento del Río Cachimayo, aguas arriba y debajo de Izcuchaca**

**UBICACIÓN:**

Ciudad de Izcuchaca - Anta

**OBJETIVOS:**

Proteger de inundaciones al sector de ingreso y salida del río Anta a la ciudad de Izcuchaca, protegiendo viviendas frecuentemente inundadas, así como áreas de cultivo de maíz y otros.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Corto y mediano plazo

Primera

**DESCRIPCION:**

Durante la última temporada de lluvias, se han producido desbordamientos e inundaciones en ambos márgenes del río por donde cruza el río Cachimayo, los que afectaron viviendas y cultivos. Son tres los sectores con problemas, el primero en el sector por donde el río ingresa a la ciudad, en la misma ciudad y a la salida del río de la ciudad.

Al ingreso del río a la ciudad, la municipalidad viene construyendo un muro a manera de defensa riverieña con el uso de gaviones, solo en el margen izquierdo y en una longitud aproximada de 100 m, faltando efectuar lo mismo en el margen derecho.

El segundo sector, corresponde al puente carrozable ubicado a la espalda del local municipal. Se trata de un puente en arco, el cual no tiene un tirante suficiente y cuando en el río se producen tránsitos extraordinarios, el puente hace de barrera que genera un remanso aguas arriba, generando el desbordamiento de agua e inundación de viviendas. Para contrarrestar este fenómeno la municipalidad a elevado el nivel del muro de encausamiento derecho en 0.50 m, el cual aún es limitado. Se propone la ampliación de este muro en otros 0.50 m y en 80 m de longitud aguas arriba. Otra alternativa poco viable es sustituir el puente por otro ampliando el tirante del río hasta debajo del puente.

El tercer sector se ubica a la salida del río de la población, que corresponde al sector más vulnerable. Existe la necesidad de construir el muro de encausamiento en 100 m de longitud por el margen derecho

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

El monto estimado asciende a la suma de S/. 180,000.00.

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población del poblado de Anta-Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

Municipalidad Provincial de Anta

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Preventivo de riesgos

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

Recursos Propios.

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Alto





**FICHA TÉCNICA N° 04**

**PROYECTO: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

**UBICACIÓN:**

Área rural de Anta-Izcuchaca

**OBJETIVOS:**

Tratamiento Primario y Secundario de las Aguas Residuales Domésticas de la ciudad de Anta-Izcuchaca. Eliminar los vertimientos de Aguas Residuales en el río Cachimayo, Canales de Riego, acequias disminuyendo su contaminación.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Mediano plazo

Primera

Vertimento de efluentes de la ciudad en el río Cachimayo

**DESCRIPCION:**

El sistema colector de desagües de Anta vierte sus efluentes directamente al río Cachimayo y acequias.  
 El Proyecto debe constar de un sistema de tratamiento de aguas residuales el cual debe tener las siguientes unidades:  
 Cámara de Rejas.  
 Control y Medición de Desagües.  
 Lagunas de Sedimentación Primaria y Lagunas de Sedimentación Secundaria.  
 Lecho de Secado de Lodos.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

S/. 1 500,000 Nuevos Soles Montos ajustables por la Oficina de Obras de la Municipalidad en base al volumen de efluentes vertidos en la ciudad.

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población de Anta-Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.

Salud ambiental

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Recursos Propios.

Alto

**FICHA TÉCNICA N° 05**

**PROYECTO:** Campañas de Educación Ambiental para Recuperación de la Calidad del Agua del río Cachimayo

**UBICACIÓN:**

Río Cachimayo y acequias de Pampas de Anta-Izcuchaca

**OBJETIVOS:**

Descontaminación de las aguas del río Cachimayo reduciendo las fuentes y focos de vertimientos directos e indirectos provenientes de la ciudad y área rural.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Mediano plazo

Primera

Contaminación del río Cachimayo por efluentes de la ciudad.

**DESCRIPCION:**

El proyecto complementa la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad incorporando Campañas de Limpieza periódica de las riberas de Cachimayo. Señalizaciones, Charlas y Talleres de Educación Ambiental a la población especialmente las que habitan cerca al río Cachimayo, sobre la protección de la fuente hídrica que irriga las áreas agrícolas de Anta.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

S/. 100,000 nuevos soles

Recursos Ordinarios de la Municipalidad Provincial de Anta

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población de Anta-Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.

Salud ambiental

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Recursos Propios.

Alto

**FICHA TÉCNICA N° 06**

**PROYECTO: Construcción de Camal Municipal**

**UBICACIÓN:**

Ámbito extraurbano de la ciudad de Anta-Izcuchaca

**OBJETIVOS:**

Tratamiento de efluentes líquidos de la actividad de beneficio de ganado, controlando la contaminación al suelo, agua y/o aire.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Corto plazo

Primera

*Pampas ganaderas de Anta-izcuchaca con actividad de beneficio de ganado en zonas rurales*

**DESCRIPCION:**

El camal deben situarse preferencialmente en sectores alejados de la ciudad de Taray, por lo menos a 1 Km. de distancia, en zonas próximas a vías que garanticen fácil acceso y no susceptibles a peligros naturales. No deben existir en sus alrededores focos de insalubridad ambiental, ni agentes contaminantes que sobrepasen los márgenes aceptables. Debe asegurarse además adecuadas condiciones geotécnicas y geológicas. Reducir la generación de volúmenes de desechos sólidos y efluentes líquidos, y emanación de olores. Apoyo de la infraestructura en cumplimiento con Normas ISO (9.000, 14.000 y 18.000)

Se recomienda mejorar e implementar :

Tratamiento de efluentes líquidos industriales: Construcción redes para la recolección del contenido ruminal y de sangre. El sistema de depuración de los efluentes líquidos consiste en un canal de ingreso, rejillas, una unidad de flotación para la eliminación de aceites y grasas y un decantador para luego descargar las aguas pre-tratadas en el interceptor marginal.

Tratamiento de los efluentes líquidos del camal

Se diseñará el sistema de tratamiento para los efluentes líquidos del camal en todos sus componentes hidráulico, sanitarios, mecánicos, eléctricos y estructurales. El efluente de descarga de la planta de tratamiento de efluentes líquidos deberá cumplir con las normas de descarga legales al cuerpo receptor.

Tratamiento de contenido ruminal

Se diseñará una adecuada recolección del contenido ruminal y se establecerá un tratamiento de estos residuos para la producción de compost, lombricultura, vocashi u otras alternativas viables técnicas, económicas o de espacio disponible. Se considerará el tratamiento de los lodos producidos por la planta de tratamiento de los efluentes líquidos.

Manejo de desechos sólidos

Se concebirá dentro del manejo de desechos sólidos criterios de reducción y de minimización desde los procesos de faenamiento, tratamiento de los efluentes líquidos, sólidos y administración para establecer un manejo separado de desechos. Deberá recomendarse su traslado y disposición.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

S/. 400,000 nuevos soles

**BENEFICIARIOS:**

*Ganaderos y comerciantes y población en general de Anta Izcuchaca.*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

*Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.*

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Sanidad agraria*

<i>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</i>	<i>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</i>
<i>Recursos Propios.</i>	<i>Alto</i>

**FICHA TÉCNICA N° 07**

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD**

**UBICACIÓN:**

*Ciudad de Anta-Izcuchaca y ámbito rural*

**OBJETIVOS:**

Mejorar y ampliar el sistema de recojo de los residuos sólidos y reubicar las zonas colectoras. Así como la implementación de una planta segregadora y de reutilización.

**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

*Mediano plazo*

*Primera*

*Desmontes de la ciudad d Anta-Izcuchaca en vía Cusco-Abancay*



**DESCRIPCION:**

El Municipio Provincial de Anta debe contemplar el recojo de manera efectiva y concientizada aplicando el tema del reciclaje y recuperación de zonas de botadero y/o relleno sanitario, que permita al gobierno local tener un control de las acciones que se toman en bien de la salubridad del distrito.

El proyecto permitirá mejorar el recojo de los residuos sólidos en la ciudad de Anta-Izcuchaca, brindándole a la población seguridad ambiental y desarrollo de planes de manejo de residuos sólidos compatibilizado con su transferencia al relleno sanitario de Quehuar.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

*S/. 3 000,000 nuevos soles*

**BENEFICIARIOS:**

*Toda la población de Anta-Izcuchaca.*

**ENTIDAD PROMOTORA:**

*Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.*

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

*Salud ambiental y educación*

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

*Recursos Propios.*

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

*Alto*



**FICHA TÉCNICA N° 08**

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE RELLENO SANITARIO DE QUEHUAR**

<b>UBICACIÓN:</b>		
Quehuar - Anta		
<b>OBJETIVOS:</b>		
Implementación del adecuado funcionamiento del relleno sanitario de Quehuar.		
<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>PRIORIDAD</b>	
Corto plazo	Primera	Relleno sanitario de Quehuar
<b>DESCRIPCION:</b>		
<p><i>El Proyecto busca la conversión del botadero municipal a la infraestructura de un Relleno Sanitario que cumpla con los requisitos que exige la norma para disponer los residuos de manera sanitaria y ambientalmente adecuados, remediándose el área degradada producida por la disposición final inadecuada de los residuos sólidos. Por otro lado, la nueva ubicación del Relleno Sanitario debería estar a no menos de 1.5 kms de la ciudad de Anta-Izcuchaca sin afectar cuerpos de agua de las cuales se sirvan los servicios de agua de consumo para la población.</i></p>		
<b>MONTO ESTIMADO DE INVERSION</b>		
<p>S/. 550,000 nuevos soles.                  Recursos Ordinarios de la Municipalidad Provincial de Anta</p>		
<b>BENEFICIARIOS:</b>		
Toda la población del poblado de Anta- Izcuchaca.		
<b>ENTIDAD PROMOTORA:</b>	<b>NATURALEZA DEL PROYECTO:</b>	
Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.	Salud ambiental y sanitaria	
<b>ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:</b>	<b>IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b>	
Recursos Propios.	Alto	



**FICHA TÉCNICA N° 09**

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y FUNCIONAMIENTO DE TERMINAL TERRESTRE DE IZCUCHACA**

**UBICACIÓN:**

Centro de Anta-Izcuchaca cruce con vía a Huarucondo

**OBJETIVOS:**

Ordenar y garantizar el servicio de transporte de pasajeros en condiciones seguras.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Mediano plazo

Primera

Terminal terrestre de Izcuchaca

**DESCRIPCION:**

El servicio del terminal terrestre de pasajeros funciona como grifo de abastecimiento de combustibles, y estacionamiento de cousters, convirtiendo el terminal en una fuente de incendio y explosión por lo cual debe separarse el servicio, asimismo mejorar las instalaciones básicas del terminal y regular el estacionamiento informal en los exteriores del local.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

S/. 150,000 nuevos soles

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población del poblado de Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Seguridad física

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

Recursos Propios.

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Alto

**FICHA TÉCNICA N° 10**

**PROYECTO: CONTROL URBANO DE LOCALES DE MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS E INFLAMABLES**

**UBICACIÓN:**

Vía principal de Anta-Izcuchaca Cusco-Abancay

**OBJETIVOS:**

Garantizar la seguridad en locales de comercialización de productos y sustancias químicas que podrían producir incendios y explosiones.



**TEMPORALIDAD**

**PRIORIDAD**

Mediano plazo

Primera

**DESCRIPCION:**

El proyecto debe prever elaborar un monitoreo permanente de los permisos, volúmenes de almacenamiento de sustancias permitidos, medidas y protocolos de seguridad normados en grifos, comercios varios, farmacias, ferreterías, centros salud, venta de gas y agroquímicos entre otros que constituyen fuente de incendios y explosiones.

**MONTO ESTIMADO DE INVERSION**

Recursos Ordinarios de la Municipalidad Provincial de Anta

**BENEFICIARIOS:**

Toda la población de Izcuchaca.

**ENTIDAD PROMOTORA:**

Municipalidad Provincial de Anta-Izcuchaca.

**NATURALEZA DEL PROYECTO:**

Seguridad física

**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO:**

Recursos Propios.

**IMPACTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

Alto