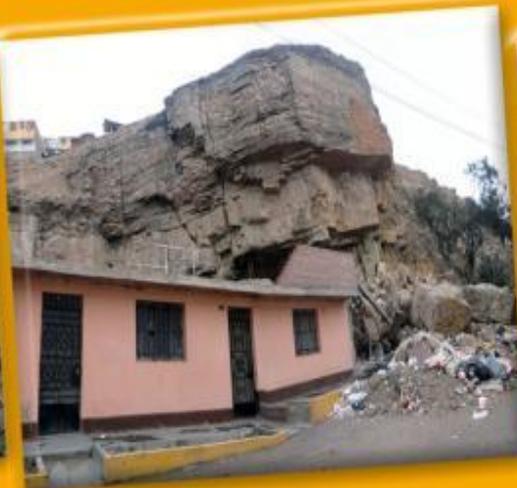


Informe Técnico N° A6532

Evaluación Geológica-Geotécnica:
**Caída de rocas en el
Asentamiento Humano Inty LLacta**

Distrito Chorrillos - Provincia Lima



POR:

ING. GRISELDA LUQUE POMA
ING. SEGUNDO NUÑEZ JUÁREZ

JULIO 2011

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE LA CAÍDA DE ROCAS EN EL
ASENTAMIENTO HUMANO INTY LLACTA
DISTRITO CHORRILLOS, PROVINCIA REGIÓN LIMA**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. TRABAJOS ANTERIORES.....	3
3. ASPECTOS GENERALES	3
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICO, GEOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES	5
4.1 PENDIENTES DE LOS TERRENOS	5
4.3.1 Rocas sedimentarias.....	10
4.3.2 Rocas ígneas	11
4.3.2 Depósitos cuaternarios	12
5. EVALUACIÓN INGENIERO-GEOLÓGICA	13
5.1 Caída de rocas.....	13
5.2 Peligro Sísmico	20
5.3 Caracterización del macizo rocoso	25
6.1 SUSCEPTIBILIDAD A CAÍDA DE ROCAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS	29
6.1 Susceptibilidad a caída de rocas.....	29
6.2 Medidas Correctivas	29
6.2.1 Medidas de refuerzo del talud.....	29
6.2.2 Medidas de retirada de material	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
AGRADECIMIENTOS	31
REFERENCIAS.....	31
ANEXO A	
ANEXO B	

Relación de fotos

- Foto 1. Vista de las viviendas del A.H. Inty Llacta. Fuente: Periódico Ojo, 13 de Agosto del 2010.
- Foto 2. Parte de las Viviendas del A.H. Inty Llacta, Jr. 06 de Enero, se observa bloques de roca producto de la caída de rocas (11 de agosto del 2010)
- Foto 3. Viviendas ubicadas al pie del talud.
- Foto 4. La pendiente en el corte de talud varía ente los 70° y 85°.
- Foto 5. Laderas con pendiente comprendida entre 15 a 25°
- Foto 6. Vista mirando al oeste. Contacto entre areniscas (RS-1).
- Foto 7. Vista mirando al oeste. Contacto entre areniscas con intercalaciones de limolitas y lutitas (RS-2).
- Foto 8. Dique andesítico, ubicado a la altura del lote 14, Jr. 06 de Enero (RI-1).
- Foto 9. Vista mirando al oeste. Rocas sedimentarias (areniscas con niveles de limolitas y lutitas) cubiertas por depósitos residuales (S-2).
- Foto 10. Caída de rocas en el Jr. 06 de Enero del A.H. Inty Llacta, distrito Chorrillos.
- Foto 11. Talud rocoso afectado por el intenso fracturamiento y la meteorización física. Se observa fracturamiento abierto.
- Foto 12. Grieta que se prolonga hasta la parte alta, formando un bloque suspendido
- Foto 13. Bloques suspendidos
- Foto 14. Vista de la grieta ubicada en la parte alta del talud crítico.
- Foto 15. Obsérvese el otro extremo del bloque agrietado.
- Foto 16. Vista de la antigua ubicación del baño público, en la parte alta del talud crítico.

Relación de figuras

- Figura 1. Ubicación del asentamiento humano Inty Llacta, distrito Chorrillos.
- Figura 2. Ubicación de los asentamientos humanos Inty Llacta y Ampliación Inty Llacta
- Figura 3. Vista del Google Earth, RC-rs: Relieve colinoso en rocas sedimentarias, P-al: Paliniicie aluvial, asentamiento humano Inty Llacta, distrito Chorrillos.
- Figura 4. Mapa geológico del A.H. Inty Llacta. (Fuente: INGEMMET,2003).
- Figura 5. a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”
- Figura 6. Croquis del sector de Inty Llacta
- Figura 7. Mapa de isoaceleraciones (Gals) para un 10% de excedencia en 50 años.
- Figura 8. Mapa de Microzonificación sísmica. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011
- Figura 9. Mapa de Estimación de la vulnerabilidad en viviendas. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011
- Figura 10. Curva de Peligro Anual para el Asentamiento Humano Inty Llacta (Punto. 77.78° W – 12.36° S) distrito de Chorrillos al sur de Lima.
- Figura 11. Ubicación de estaciones geomecánicas en el A.H. Inty Llacta
- Figura 12. Compósito General para el A.H. Inty Llacta
- Figura 13. Empleo de mallas metálicas en taludes (adaptada de FHWA, 1988)
- Figura 14. Esquema de voladura controlada

EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE LA CAIDA DE ROCAS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO INTY LLACTA (DISTRITO CHORRILLOS, PROVINCIA LIMA)

1. INTRODUCCIÓN

El día 11 de Agosto del 2010 a las 4:00 pm aprox., en el Asentamiento Humano Inty Llacta se produjo la caída de rocas sobre una vivienda, muy cerca al lote 15 del Jr. 06 de Enero (Fotos 1 y 2), hecho que tuvo como consecuencia la pérdida de uno de sus interiores, utilizado como depósito.

El Secretario Técnico de Defensa Civil, Ing. Eduardo Valdivia Zuñiga, mediante Oficio N 025-2011/ODC-MDCH, de fecha 07 de julio del 2011, solicita al INGEMMET realizar una evaluación técnica del Asentamiento Humano Inty Llacta.

El día 12 de Julio del 2011, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, realizó las coordinaciones con los representantes de la Municipalidad distrital de Chorrillos y Defensa Civil-Lima, para realizar una inspección in situ, designando a los Ings. Griselda Luque y Segundo Núñez para dicha labor, En la inspección se contó con la presencia de personal de Defensa Civil de la Municipalidad de Chorrillos y Central, como también de moradores del asentamiento.

La inspección incluyó la toma de datos geológico-geotécnicos, cartografiado y caracterización de procesos geológicos que originaron el hecho; registro de evidencias de eventos similares en la zona; a fin de establecer medidas para la prevención de nuevos eventos en el área.

El área evaluada corresponde a un corte de talud en rocas sedimentarias. La evaluación geológica-geodinámica permitió determinar que dicho sector se encuentra afectado por desprendimientos de rocas asociados al intenso fracturamiento del macizo rocoso. Este fue desencadenado probablemente por las filtraciones de agua provenientes de un baño público hace 10 años aproximadamente.

Este documento se basa en las observaciones de campo realizadas durante la evaluación, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales del Google Earth, relatos orales y versiones de los hechos sucedidos dados por los lugareños, así como de la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

Para prevenir daños, que pueden ser causados por la eventual caída de rocas en el sector, es necesario reubicar las viviendas ubicadas en área propensas a presentar otros procesos de este tipo. Asimismo reforzar los taludes inestables en todo el sector, principalmente, en el sector considerado crítico. El bloque suspendido que tiene una longitud de 15 m, debe ser eliminado, para ello se deberá contar con un especialista en geotecnia y voladura controlada.



Foto 1: Vista de las viviendas del A.H. Inty Llacta. Fuente: Periódico Ojo, 13 de Agosto del 2010.



Foto 2. Parte de las Viviendas del A.H. Inty Llacta, Jr. 06 de Enero, se observa bloques de roca producto de la caída de rocas (11 de agosto del 2010) y la zona inestable.

2. TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos previos realizados en la provincia de Lima, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- Boletín N° 43 serie A: Carta Geológica Nacional (1996).
- Memoria Descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala, Lurín y Lima, realizado por León, W.; De la Cruz, O. (2003).

Trabajos de carácter técnico, en los cuales existe valiosa información, que ha sido utilizada para la elaboración del presente informe.

3. ASPECTOS GENERALES

El Asentamiento Humano Inty Llacta, se encuentra ubicado al suroeste de la ciudad de Lima, en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima, región de Lima (figuras 1 y 2); entre las coordenadas absolutas (UTM, Prov. 56):279560 E – 8653960 N y 279820 E – 8653710 N.

Desde Lima se accede al Asentamiento Humano Inty Llacta por el circuito de playas. También es posible ingresar por el sur, desde la carretera Panamericana Sur-Huaylas.

Según información de los pobladores, el asentamiento humano está conformado por 05 manzanas y 99 lotes y una superficie de 18 443 m² aproximadamente. Se observó en la inspección que el 90% de las viviendas, están construidas con material noble y el 10% restante material rústico (esteras, madera y triplay) los cuales son considerados materiales de fácil combustión. El tiempo de sus edificaciones se estima en 50 años aprox. Cuenta con los servicios de agua, desagüe y electricidad.

Nro.	Mz.	No. Lotes	Área (m ²)
1	Mz.	28	4115.9
2	N	16	2482.8
3	Ñ	16	2182.3
4	LL	23	7049.1
5	A7	16	2613.3
Total	5	99	18443.4

Otras características de la zona son la ausencia de vegetación, viviendas ubicadas al pie del corte del talud (foto 3). Cabe mencionar que por encima del talud existe un nuevo asentamiento humano “Ampliación de Inty Llacta” hace aprox. 10 años (figura 2), los cuales no cuentan con servicios de agua y desagüe en domicilio, cuentan solamente con un silo multifamiliar.

El clima del área es típico de la Costa Central del Perú con una estación invernal caracterizada por cielos grises, intensa humedad y suaves lloviznas entre junio y septiembre, y una cálida o de verano entre diciembre y marzo. Presenta precipitaciones acumuladas durante el periodo lluvioso normal que alcanzan de 10 a

50mm (SENAMHI, 2003). La temperatura media anual es de 18.6 °C y la humedad relativa fluctúa entre 85 y 99%.



Foto 3. Viviendas ubicadas al pie del talud.

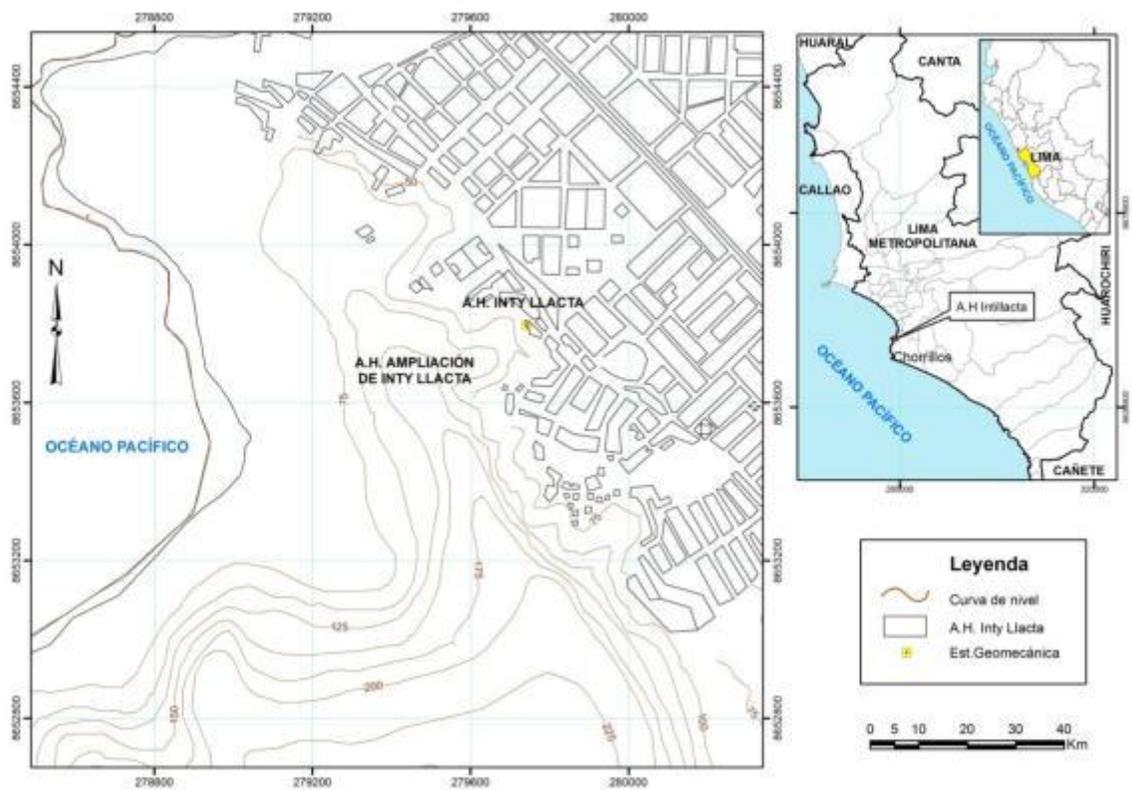


Figura 1. Ubicación del asentamiento humano Inty Llacta, distrito Chorillos.



Figura 2. Ubicación de los asentamientos humanos Inty Llacta y Ampliación Inty Llacta

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES

4.1 PENDIENTES DE LOS TERRENOS

Las pendientes del terreno están controladas por los tipos de roca que afloran en el área del asentamiento humano Inty Llacta.

En el afloramiento de areniscas la pendiente varía entre 70° a 85° . En el corte de talud se observa la presencia de bloques sueltos e inestables. El macizo rocoso está poco fracturado a medianamente fracturado, favoreciendo la generación de bloques rocosos de tamaños comprendidos entre los 0,20 a 2 m de diámetro. (fotos 2 y 4).



Foto 4. La pendiente en el corte de talud varía entre los 70° y 85°. Se observan estratos de areniscas horizontales.

En las laderas cubiertas por depósitos residuales, la pendiente está comprendida entre los 15° a 25°. (foto 5).



Foto 5. Laderas con pendiente comprendida entre 15 a 25°

4.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el asentamiento humano Inty Llacta, se observó principalmente dos geoformas (Figura 3):

Relieve colinoso en rocas sedimentarias (RC-rs):

El A.H. Ampliación Inty Llacta se encuentra asentada sobre colinas asociadas a rocas sedimentarias fracturadas, con una morfología suave y desniveles de 225 m; alineados en la dirección noroeste-sureste. Es notorio el cambio brusco de pendiente en el flanco Este de esta geoforma, formándose escarpes con pendientes entre 70° a 85°. En estos escarpes, el grado de fracturamiento en las rocas ha generado caída de rocas en este sector (figura 3).

Planicie aluvial (P-al):

Es una amplia superficie algo plana donde está asentada la mayor parte de las viviendas del asentamiento humano Inty Llacta. Esta superficie se halla a unos 60 m encima del nivel del mar.

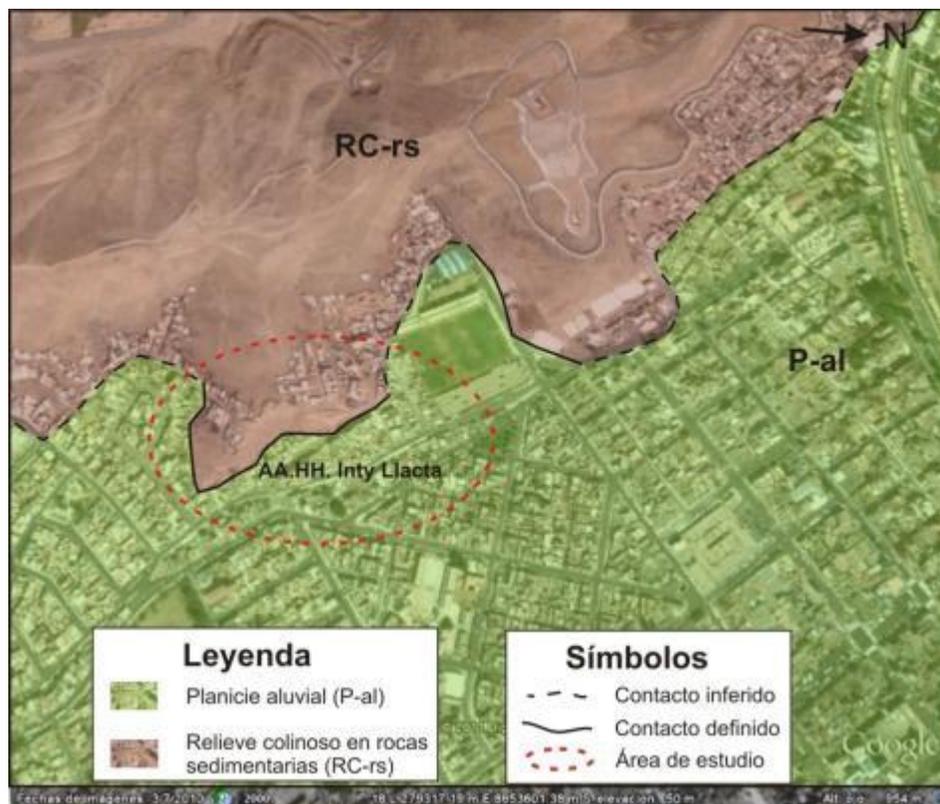


Figura 3. Vista del Google Earth, RC-rs: Relieve colinoso en rocas sedimentarias, P-al: Planicie aluvial, asentamiento humano Inty Llacta, distrito Chorrillos.

4.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Los A.A.H.H. Inty Llacta y Ampliación Inty Llacta se asientan sobre rocas de diferente naturaleza y edad (figura 4), con características físicas y mecánicas diferentes que a continuación se describen:

- *Mesozoico*

Grupo Morro Solar (edad Cretáceo):

Bajo esta terminología se ha detallado la cartografía regional de las formaciones Salto del Fraile, La Herradura y Marcavilca, que tienen su localidad típica en el Morro Solar de Chorrillos. (León, W. & De La Cruz, O. 2003).

La Formación Salto del Frayle está conformada por areniscas cuarzosas gris verdosas con intercalaciones de areniscas arcillosas, lutitas y limolitas.

La Formación Herradura es una unidad esencialmente arcillosa con capas de areniscas y calizas gris oscuras al tope de la sección. En esta secuencia de rocas, se localizan los problemas de caídas de rocas.

La Formación Marcavilca, está conformada por areniscas cuarzosas grises en estratos tabulares y con niveles esporádicos de limolitas arenosas.

- *Depósitos cuaternarios*

Representan los materiales superficiales y están representadas por depósitos aluviales y residuales.

Los depósitos superficiales más importantes y con mayor distribución en la zona son los sedimentos aluviales que han formado el cono o abanico aluvial, sobre el cual se halla asentada la mayor parte del A.H. Inty Llacta. Los depósitos residuales se localizan cubriendo al macizo rocoso.

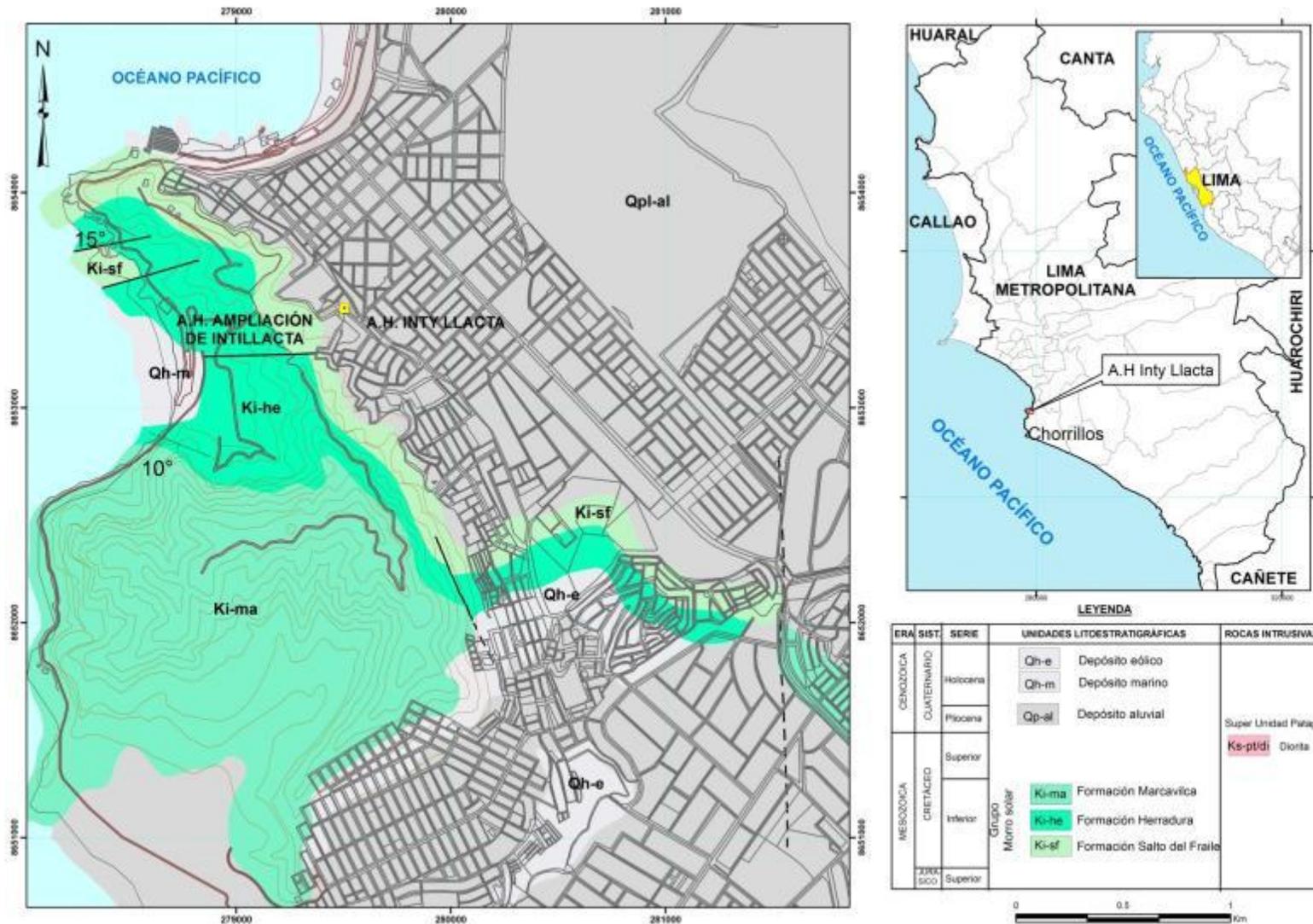


Figura 4. Mapa geológico del Asentamiento Humano Inty Llacta. (Fuente: INGEMMET, 2003).

4.3 Litología Local

4.3.1 Rocas sedimentarias

Están conformadas por rocas silicoclásticas que gradan de lutitas a areniscas. Tienen una edad Cretácica Inferior y forman parte del denominado Grupo Morro Solar.

Areniscas cuarzosas (RS-1)

Las areniscas cuarzosas se encuentran dispuestas concordantemente debajo de las secuencias limolíticas. Constituyen capas de 1 m y alcanzan una potencia máxima de 2 m. Con rumbo de N50°O y buzamiento de 13° SO.(Foto 6).

Las areniscas en conjunto, se encuentran afectadas por familias de diaclasas con orientaciones N20°E - N35°O y con buzamientos de 85°NO 70°NE, respectivamente. El corte de talud con este tipo de litología presenta pendientes entre 70° a 85°.

Las fracturas en las areniscas se encuentran rellenas con cristales de halita y roca triturada.

En el frente del talud que forma el afloramiento rocoso se encuentra el A.H. Inty Llacta, y sobre el talud el A.H. Ampliación Inty Llacta (figura 2).



Foto 6. Vista mirando al oeste. Contacto entre areniscas (RS-1).

Limolitas con intercalaciones de lutitas (RS-2)

Las limolitas con intercalaciones de lutitas, sobreyacen sobre las areniscas (foto 7). Se presentan en capas delgadas de entre 0,10 a 0,30 m y alcanzan una potencia de 0,80 m aproximadamente. Las lutitas se presentan en finas capas de hasta 2,0 cm de espesor, formando zonas de debilidad.



Foto 7. Vista mirando al oeste. Contacto entre areniscas con intercalaciones de limolitas y lutitas (RS-2).

4.3.2 Rocas ígneas

Estas rocas corresponden a stocks del Batolito de la Costa del Cretácico Superior-Paleoceno. Cortan y deforman a las secuencias sedimentarias Cretácicas. Según sus composiciones y texturas de los afloramientos identificados, se les puede sub-dividir en dioritas, granodioritas, microdioritas y diques andesíticos.

A la altura del lote 14 del Jr. 06 de Enero del A.H. Inty Llacta, se encuentra un dique de tipo andesítico (foto 8), con un rumbo de N75°O y un buzamiento de 70°NO, espesor de 1 m, muy fracturado.



Foto 8. Dique andesítico, ubicado a la altura del lote 14, Jr. 06 de Enero (RI-1).

4.3.2 Depósitos cuaternarios

Depósitos aluviales (S-1)

Contienen conglomerados con clastos redondeados desde 0,05 m hasta 0,30 m, con una matriz limosa y algo de arcilla. Se extienden al pie del cerro Inty Llacta y forman parte del suelo donde se ubican las viviendas del A.H. Inty Llacta. Se encuentran próximos al abanico aluvial del río Rímac (León, W. & De La Cruz, O. - 2003)

Depósitos residuales (S-2)

Originados por la meteorización in situ de las areniscas y lutitas. Como resultado, se tiene suelo gravoso con matriz areno-limosa. Los fragmentos de roca más pequeños son de formas angulosas a subangulosas y varían entre 0,05 a 0,15 m y están dispuestos a manera de bloques aislados, distribuidos a lo largo de las laderas del cerro. Localmente se extienden desde el lote 1 al 15 del Jr. 06 de Enero del Asentamiento Humano Inty Llacta. (foto 9).



Foto 9. Vista mirando al oeste. Rocas sedimentarias (areniscas con niveles de limolitas y lutitas) cubiertas por depósitos residuales (S-2).

5. EVALUACIÓN INGENIERO-GEOLÓGICA

Para evaluar las condiciones de inestabilidad del corte de talud, en el Asentamiento Humano Inty Llacta, ha sido necesario el cartografiado, identificando principalmente una caída de rocas.

5.1 Caída de rocas

La caída de rocas es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. (figura 5 a, b). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

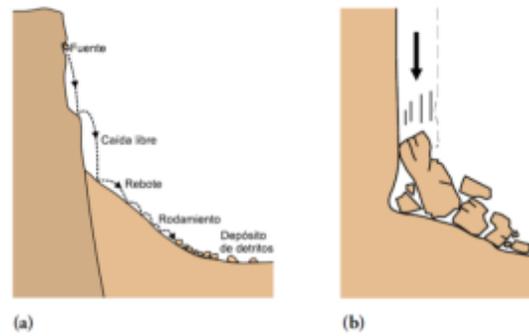


Figura 5. a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento "colapso"

La caída de rocas, que se ocasionó el día 11 de agosto del 2010, afectó una vivienda y un depósito. Aún se observan bloques con diámetros hasta de 1,50 m. (foto 10), que no han sido limpiados.



Foto 10. Caída de rocas en el Jr. 06 de Enero del A.H. Inty Llacta, distrito Chorrillos.

En la inspección de campo, se verificó un afloramiento rocoso fracturado (foto 11), así como la presencia de humedad, debido a la infiltración de agua que provenía de la parte alta, donde se instaló un baño público.

Además se observó un dique de tipo andesítico, con un espesor de 1 m, muy fracturada, generando fragmentos de roca menores a los 0,20 m.

Es importante mencionar, en el talud, la presencia de bloques de rocas suspendidos, susceptibles a colapsar en caso de la ocurrencia de sismos de gran magnitud.



Foto 11. Talud rocoso afectado por el intenso fracturamiento y la meteorización física. Se observa fracturamiento abierto y generación de bloques inestables.

En el corte del talud, también se verificó una grieta de 15 m de longitud, de 0,10 a 0,30 m de ancho (apertura) y 0,40 m de profundidad visible (figura 6), actualmente este sector se encuentra en peligro inminente. Esta grieta afecta a gran parte del macizo rocoso, formando un bloque suspendido (foto 12). Este mismo bloque tiene fragmentos de roca sueltos en su cuerpo (foto 13). Según versiones de los lugareños, la grieta que se observa en la parte alta ha ido aumentando el ancho de la abertura de forma muy paulatina desde el 11 de Agosto del 2010, después que ocurrió la caída de rocas (fotos 14 y 15).



Foto 12.- Grieta que se prolonga hasta la parte alta, formando un bloque suspendido



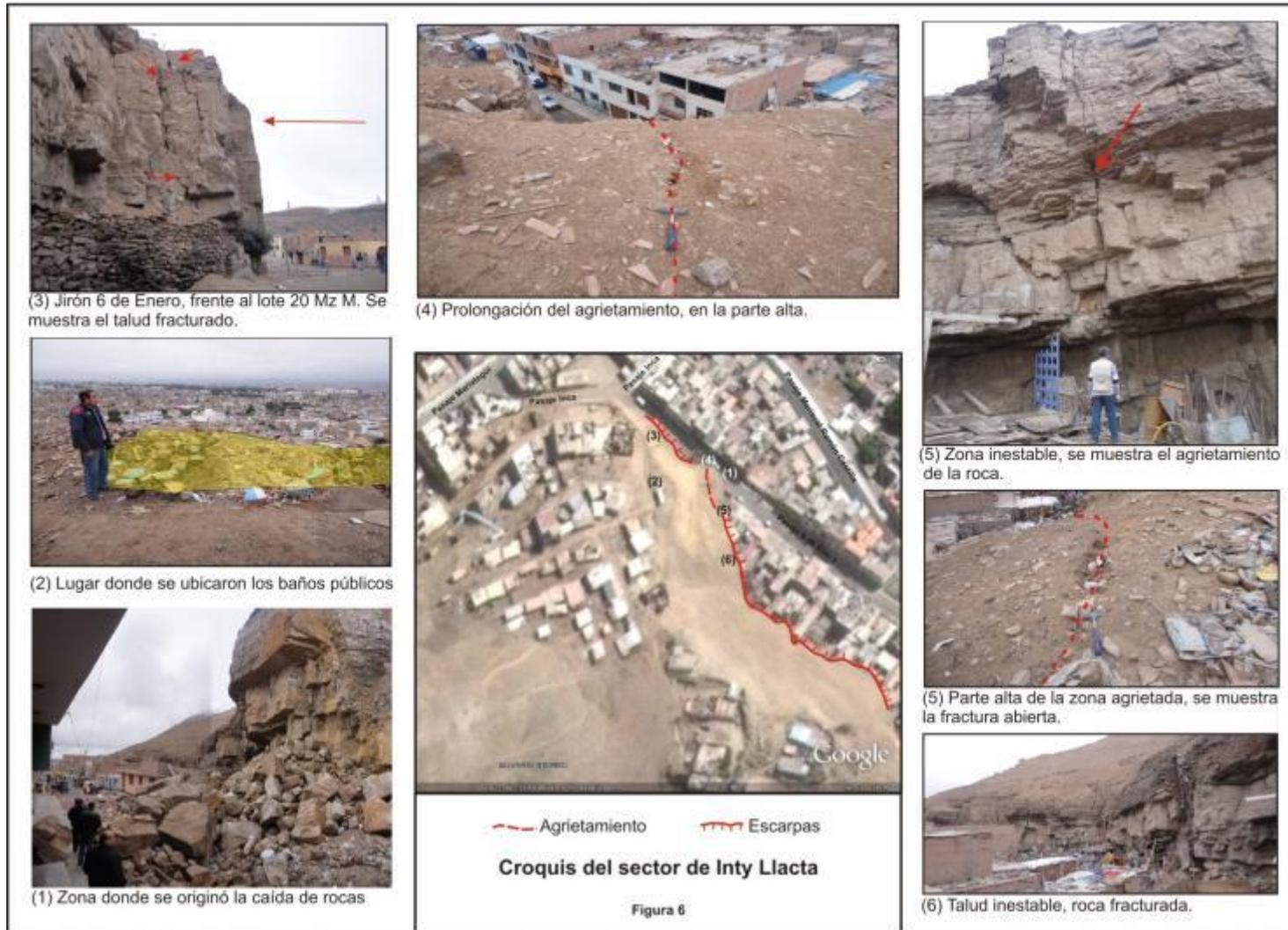
Foto 13. Bloques suspendidos



Foto 14. Vista de la grieta ubicada en la parte alta del talud crítico.



Foto 15 . Obsérvese el otro extremo del bloque agrietado.



En el corte de talud se observó:

Factores Condicionantes

Son las causas naturales o intrínsecas de la zona para la ocurrencia de un evento. Para este caso son:

- Orientación desfavorable de discontinuidades: La presencia de estratos rocosos sub horizontales y un sistema de juntas complementarias han generado un arreglo estructural desfavorable para la estabilidad del talud. Ver Figura N° (análisis_cinemático).
- La alternancia de estratos de rocas competentes (areniscas) e incompetentes (lutitas)

La presencia de sales en los estratos y fracturas

Factores Detonantes

Para este caso, los factores detonantes, o que propiciaron la caída del bloque rocoso y que generan otros desprendimientos son:

- Actividad antrópica, tenemos lo siguiente:
 - Corte de talud para construcción de viviendas, que han desestabilizado la ladera, generando bloques suspendidos.
 - Los silos y duchas del asentamiento humano Ampliación de Inty Llacta, ubicados, encima del talud (foto 16). Originó que el agua generada se infiltre entre las fracturas, lavando de esta manera la halita y la roca triturada que se encontraba relleno de estas, generando una inestabilidad. Actualmente este lugar ha sido demolido.
 - Ocupación inadecuada del terreno, viviendas ubicadas en talud crítico.
- Sismicidad: como sabemos la costa peruana se encuentra en una zona de alta sismicidad, (Cinturón de fuego del Pacífico), por esta razón son frecuentes los sismos y temblores en nuestro territorio. Cuando ocurrió el sismo en Lima (1974), se generaron caídas de rocas, en las faldas de los cerros que rodean la ciudad de Lima, que en ese entonces no estaban habitadas.



Foto 16. Vista de la antigua ubicación del baño público, en la parte alta del talud crítico.

5.2 Peligro Sísmico

El área se ubica en la zona de alta sismicidad, con aceleraciones máximas entre 380 y 375 gals para un periodo de retorno de 50 años. En caso de presentarse un sismo de fuerte intensidad, es posible que los bloques se movilicen cuesta abajo. (figura 7). La sismicidad histórica indica que en el Asentamiento Humano Inty Llacta del distrito de Chorrillos, ha sido afectada por un gran número de sismos que produjeron intensidades que oscilaron entre VII y X (MM), siendo los más importantes los que ocurrieron frente a la línea de costa de la ciudad de Lima en 1586, 1655, 1687, 1725, 1746, 1806, 1904, 1940, 1966 y 1974.

Mientras que la distribución espacial de los sismos instrumentales indica mayor intensidad sísmica en la zona de subducción de la costa. Hacia el continente las profundidades focales de los sismos de la zona de Benioff aumentan.

En la figura 08, se presenta la curva de probabilidad anual de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para el A.H. Inty Llacta. De dicha figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 560 gals con una probabilidad de 0.002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 378 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.



Figura 7. Mapa de isoaceleraciones (Gals) para un 10% de excedencia en 50 años.

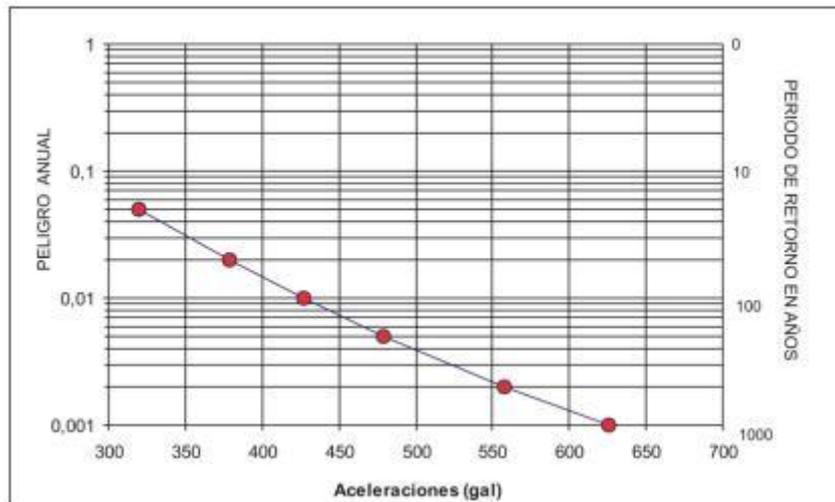


Figura 8. Curva de Peligro Anual para el Asentamiento Humano Inty Llacta (Punto. 77.78° W – 12.36° S), distrito de Chorrillos al sur de Lima.

En el cuadro 1, se muestra las máximas aceleraciones esperadas para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

Cuadro 1. Aceleraciones máximas horizontales esperadas para el A.H. Inty Llacta-Chorrillos-Lima.

Coordenadas Geográficas		Período de Retorno (Tr)/Aceleración (g)				
Longitud	Latitud	50	100	200	500	1000
-77.78	-12.36	0.38	0.42	0.48	0.56	0.63

Para efectos del diseño, consideramos una vida útil de 50 años con la probabilidad de ser excedida en un 10%, por lo que utilizando las relaciones propuestas se determina un periodo de retorno de 500 años.

Es usual considerar una aceleración efectiva en vez del instrumental pico, del orden del 25 al 30% más baja. Por lo tanto, la aceleración efectiva para el A.H. Inty Llacta es 0,42 g

El coeficiente sísmico para el diseño estará expresado en términos del periodo de la estructura y del periodo predominante del suelo.

La respuesta estructural de las obras de ingeniería derivada por métodos espectrales deberá considerar a partir de los valores de aceleración propuestos la amplificación estructural y las reducciones por ductilidad, amortiguamiento y los coeficientes de seguridad que emplean en el diseño. Los valores presentados corresponden a suelo firme y no reflejan la ampliación del suelo.

Del análisis del peligro sísmico probabilístico se determina los siguientes valores de diseño:

Aceleración máxima de diseño: 0,56 g
 Aceleración efectiva de diseño: 0,42 g

Para el diseño de muros y taludes por métodos pseudoestáticos, usualmente se consideran coeficientes sísmicos que varían entre 1/2 y 2/3 de la aceleración horizontal máxima de diseño. Finalmente, en el presente estudio se recomienda utilizar un coeficiente sísmico de 1/2 de la aceleración horizontal máxima de diseño.

$$\infty = 0,28 \text{ g}$$

Zonificación y aceleraciones máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía, han sido base para que autores como Alva (1984) elaborase el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que es actualmente utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica -Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.(MTC/SENCICO,2003) . Según dicho mapa, el Asentamiento Humano Inty Llacta, se identifica con la siguiente zona:

La Zona 3: Esta zona es la de máxima intensidad, abarca a todo el departamento de Lima y en donde las aceleraciones máximas a esperarse en un periodo de 50 años con el 10% de excedencia son mayores a 0,40 g.

CUADRO N° 1 CLASIFICACION DEL FACTOR DETONANTE (SISMICIDAD)

Categoría	Descripción	Valor asignado
Muy alta	Se espera un AMH mayores a 300 Gals	4

Según la guía metodológica de evaluación (cuadro N°1), de riesgo por fenómenos de remoción en masa, Ojeda, M., J. Et al (2001), con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil; correspondientes a 200, 500 y 1000 años de periodos de retorno respectivamente, para un 10% de excedencia, se ha determinado en forma general de acuerdo a los valores de aceleraciones máximas esperadas para el A.H. Inty Llacta, la categoría de Muy Alta.

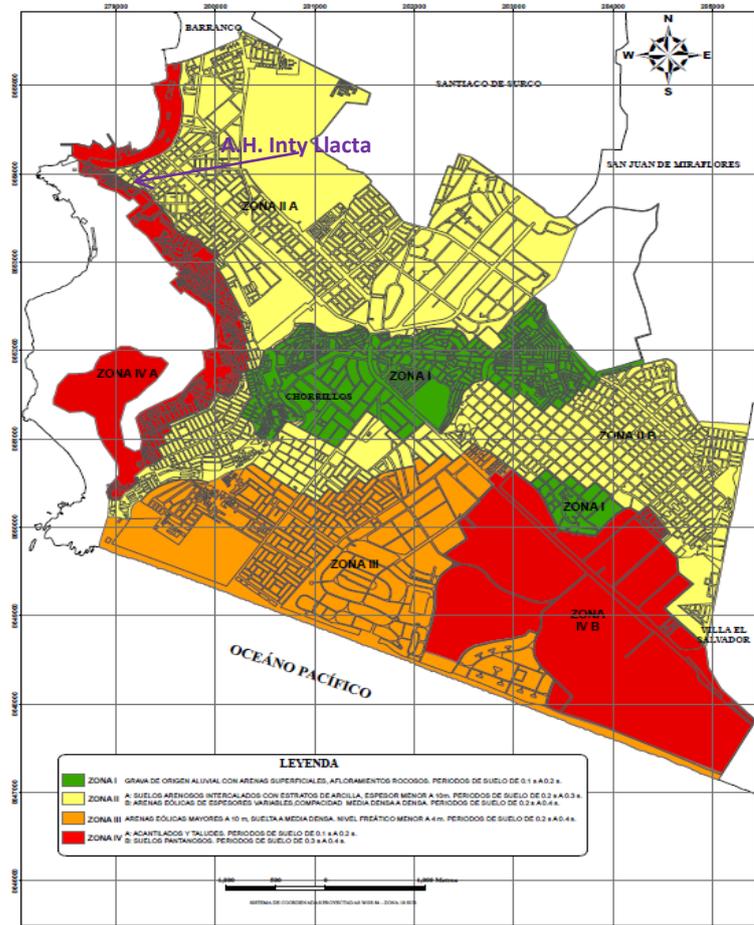
Microzonificación Sísmica del distrito de Chorrillos

Como se puede apreciar en la figura 9, el A.H. Inty Llacta se encuentra en la Zona IV A del “Mapa de Microzonificación Sísmica del distrito Chorrillos” (MVCS, 2011)¹. Comprendidas por áreas de las laderas del Morro Solar y de los Acantilados de Chorrillos clasificadas como de alto peligro por problemas de estabilidad de taludes.

Estas zonas presentan un alto peligro para la vida de los pobladores y viviendas, por desprendimiento de material superficial de los taludes en caso de sismos. Por lo tanto, considerando la actividad sísmica propia de la costa, se ha determinado a esta zona como de alta peligrosidad ante un evento sísmico.

¹ Este estudio fue realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de desastres (CISMID), para conocer en forma detallada las características de los suelos y su comportamiento ante un escenario probable de sismo severo (> 8° Richter).

Asimismo en el mencionado estudio efectuado por el MVCS, se ha determinado el comportamiento dinámico del suelo siendo muy desfavorable Para esta área del distrito de Chorrillos, que está expuesta a los más altos niveles de peligro sísmico y en donde se han presentado los mayores daños en sismos pasados. Los periodos dominantes del suelo tienen valores para esta zona varía de 0.10 s a 0.20 s.



LEYENDA	
ZONA I	GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON ARENAS SUPERFICIALES, AFLORAMIENTOS ROCOSOS. PERIODOS DE SUELO DE 0.1 s A 0.2 s.
ZONA II	A: SUELOS ARENOSOS INTERCALADOS CON ESTRATOS DE ARCILLA, ESPESOR MENOR A 10m. PERIODOS DE SUELO DE 0.2 s A 0.3 s. B: ARENAS EÓLICAS DE ESPESORES VARIABLES, COMPACTAD MEDIA DENSA A DENSA. PERIODOS DE SUELO DE 0.2 s A 0.4 s.
ZONA III	ARENAS EÓLICAS MAYORES A 10 m, SUELTA A MEDIA DENSA. NIVEL FREÁTICO MENOR A 4 m. PERIODOS DE SUELO DE 0.2 s A 0,4 s.
ZONA IV	A: ACANTILADOS Y TALUDES. PERIODOS DE SUELO DE 0.1 s A 0.2 s. B: SUELOS PANTANOSOS. PERIODOS DE SUELO DE 0.3 s A 0.4 s.

Figura 9. Mapa de Microzonificación sísmica. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2011

En cuanto a la estimación de la vulnerabilidad a las viviendas del distrito Chorrillos, en el asentamiento humano Inty Llacta, por congregarse una gran cantidad de personas, se tendría que tomar en forma inmediata medidas preventivas reforzando estas estructuras y los taludes críticos frente a un sismo de gran magnitud, porque el daño probablemente sería severo y en algunos casos colapsaría, como se muestra en la figura 10.

CHORRILLOS: ESTIMACION DE LA VULNERABILIDAD EN VIVIENDA			
	% COSTO DE REPARACION	NIVEL DE DAÑO	% DE VIVIENDAS EN CONCIONES DE RIESGO
	Menor a 15% del Valor de la Vivienda	Daño Leve o Sin Daño	22%
	Entre 15% y 30% del Valor de la Vivienda		
	Entre 30% y 60% del Valor de la Vivienda	Daño Moderado	34%
	Entre 60% y 85% del Valor de la Vivienda	Daño Severo	11%
	Mayor a 85% del Valor de la Vivienda	Colapso	32%

CONCLUSION: 43% DE VIVIENDAS EN CHORRILLOS PODRIAN SUFRIR UN DAÑO SEVERO O COLAPSAR FRENTE A UN EVENTUAL SISMO SEVERO



Figura 10. Mapa de Estimación de la vulnerabilidad en viviendas. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011

5.3 Caracterización del macizo rocoso

La toma de datos geológico-geotécnicos permitió la caracterización geomecánica de los macizos rocosos del sector evaluado, su clasificación y zonificación.

La caracterización del macizo rocoso consta de tres etapas principales: cartografiado geológico, registro de datos geomecánicos y procesamiento de datos orientacionales.

Tras el cartografiado del proceso geológico, se realizaron dos estaciones en el A.H. Inty Llacta para la toma de datos estructurales (Figura 11). Los parámetros de observación y medición fueron obtenidos en formatos de registro adecuados a las normas sugeridas por Working Party of the Geological Society (1977). Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de discontinuidad, resistencia, orientación espaciado, persistencia, terminación, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, ondulación, meteorización y presencia de agua.

En el Anexo A se muestran los formatos empleados en la toma de datos lito-estructurales – geomecánicos.

El procesamiento de los datos orientacionales se realizó mediante técnicas de proyección estereográfica equiangular, empleando el software DIPS v.5.1 (Rocscience Inc., 1999). En el Anexo se presenta los resultados del procesamiento de datos orientacionales correspondientes a las estaciones realizadas. Se han agrupado las dos estaciones de mediciones estructurales, teniendo en cuenta la posición y cercanía de las familias estructurales en el área, como se muestra en el compósito general de la figura 12.

Por lo general las discontinuidades evaluadas en el sector son principalmente persistentes a sub-persistentes, planas a onduladas, ligeramente rugosas; rellenadas con halita y panizo.

Con la información lito-estructural y la caracterización de la masa rocosa se ha clasificado geomecánicamente al área de estudio utilizando los criterios de Bieniawski 1989 (Clasificación Geomecánica de Bieniawski y RMR: Rock Mass Rating 1989).

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron determinados con el método indirecto (usando el martillo de geólogo, ISRM 1981) y el Martillo Schmidt. También el índice de calidad (RQD) fue determinado para cada estación, mediante el registro lineal (Ramírez Oyanguren et al, 1984), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal.

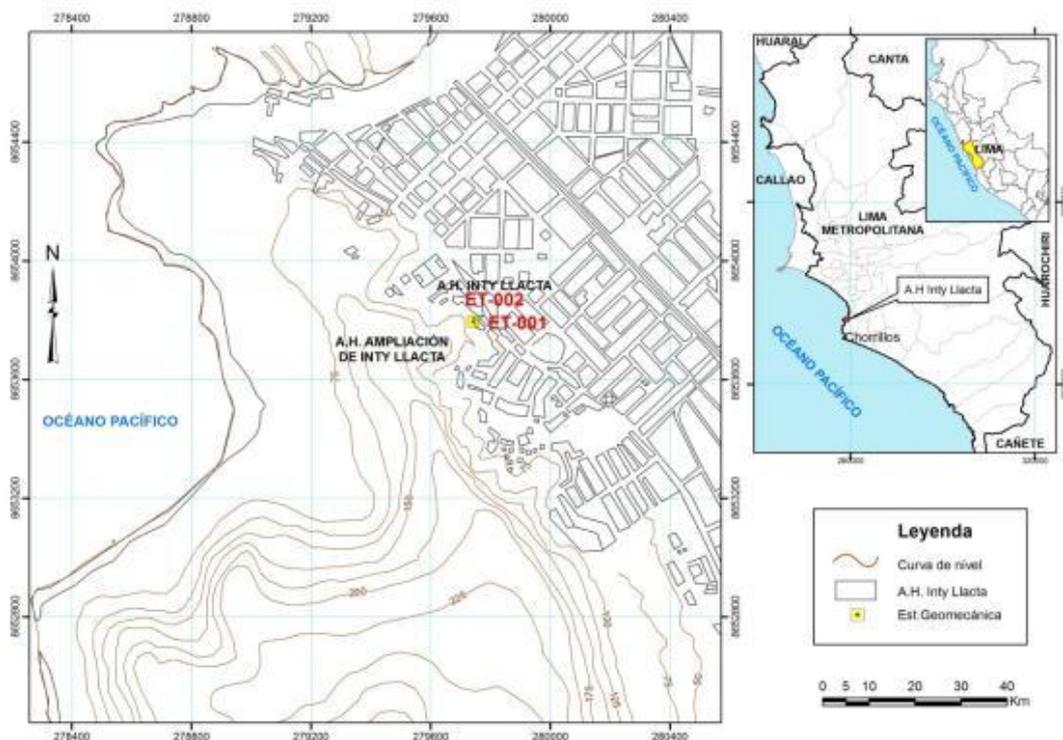


Figura 11. Ubicación de estaciones geomecánicas en el A.H. Inty Llacta

5.3.1 Análisis de Estabilidad

Luego de los análisis respectivos, consideramos que no hay influencia de la calidad de la masa rocosa, en la inestabilidad del talud. Ya que el mapeo geomecánico realizado, nos da rocas de calidad regular (SMR: III). Pero es importante tener en cuenta la presencia de estratos rocosos sub horizontales competentes (de regular a buena calidad) con estratos finos de lutitas incompetentes (de mala calidad) provocando el “despegue” (de los materiales competentes). En todo caso la inestabilidad del macizo rocoso está ligado al debilitamiento estructuralmente controlado (arreglo estructural). Cuyo análisis cinemático se presenta en el anexo B (análisis cinemático), presentando las siguientes conclusiones:

1. Rotura planar con el Set 3
2. Rotura por cuñas con los Sets 3-5 y 4-5
3. Grieta de tracción: Sets 1 y 2 (estas estructuras facilitan la ruptura)

Es importante mencionar que, producto de estos tipos de rotura, se presentan en el talud, bloques de rocas de variadas dimensiones que, “detonadas” por sismos, pueden provocar caídas de rocas sobre las viviendas y también el derrumbe o colapso de gran parte del macizo rocoso.

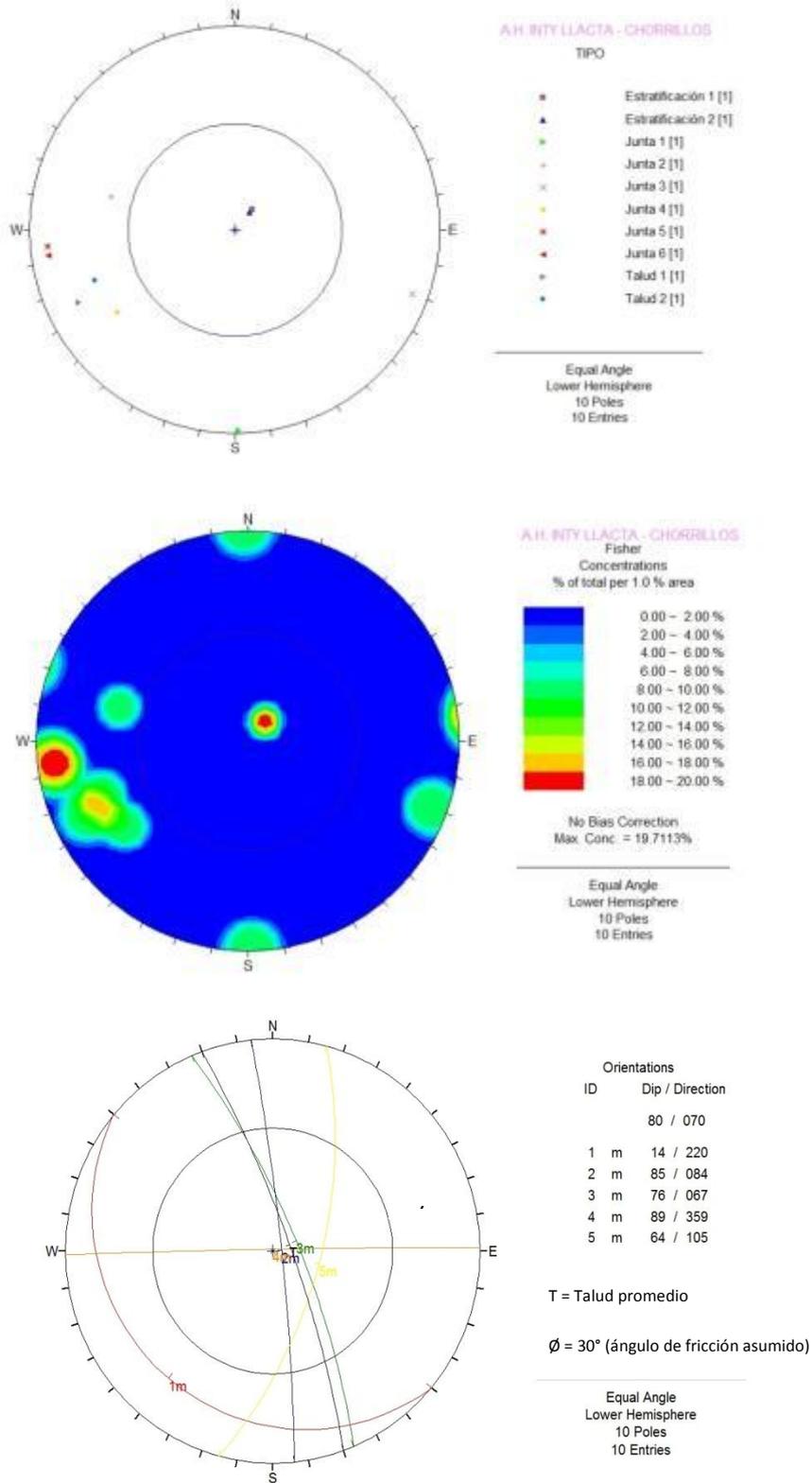


Figura 12. Compósito General para el A.H. Inty Llacta

6. SUSCEPTIBILIDAD A CAÍDA DE ROCAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS

6.1 Susceptibilidad a caída de rocas

De acuerdo a los factores intrínsecos analizados, el sector es considerado como de alta susceptibilidad a las caídas de rocas. Considerando la modificación y ocupación hecha por el hombre, así como la distribución y calidad constructiva de las viviendas en el sector, el riesgo geológico de esta zona es alto.

Por esta razón, las viviendas ubicadas en las áreas propensas a la generación de caída de rocas, deben ser reubicadas.

6.2 Medidas Correctivas

En problemas de inestabilidad de laderas por cortes de talud, es conveniente aplicar una serie de medidas de estabilización que se dividen en dos grupos fundamentales: medidas de retirada del material rocoso y medidas de refuerzo del talud (Romana, 1997).

6.2.1 Medidas de retirada de material tenemos:

Estas medidas tienen prioridad, y tienen que ser realizadas una vez reubicadas las viviendas de alto riesgo.

- Desatar (“desquinchar”) los bloques pequeños sueltos (inestables) que se encuentran en el talud, esto puede hacerse en forma artesanal.
- Para el área crítica donde se presenta el agrietamiento con una longitud de 15 m y con abertura hasta de 30 cm, es necesario que sea eliminado, labor que debe ser diseñada por un especialista en geotecnia y voladura controlada. En caso de volar el bloque rocoso es necesario evacuar a las personas que viven en los alrededores.

Voladura controlada

Consiste en el empleo de cargas explosivas lineares de baja energía colocadas en taladros muy cercanos entre sí, que se disparan en forma simultánea para crear y controlar la formación de una grieta o plano de rotura continuo, que límite la superficie final de un corte o excavación (Figura 13).

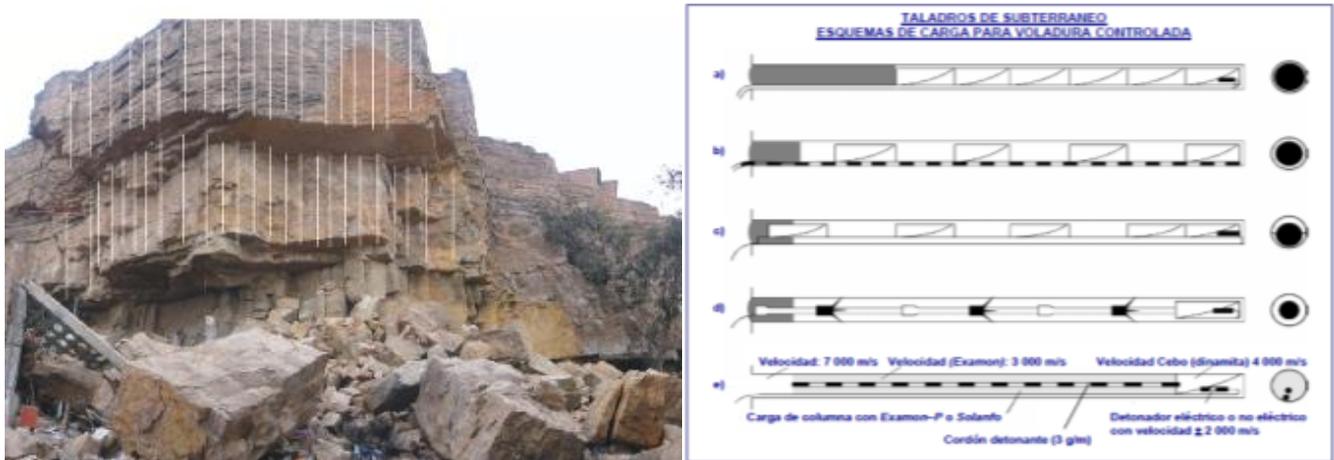


Figura 13. Esquema de voladura controlada.

6.2.2 Medidas de refuerzo del talud tenemos:

- Se debe plantear la construcción de muros de contención, así como el reforzamiento de los taludes inestables (mallas, etc.). Para ello se necesita el asesoramiento de un geotecnista. Esta medida se haría en el caso de que las viviendas continúen en sectores susceptibles a desprendimiento de roca, para reducir la vulnerabilidad. La construcción de muros de contención en zonas con bloques pequeños o canchales, puede disminuir la vulnerabilidad en el sector.

Mallas metálicas

Se coloca sobre el talud una malla de alambre y se fija a la parte alta del mismo por medio de cables o pernos (figura 14). Se requiere limpieza periódica. No aplicar en zonas donde los bloques rocosos se presenten inestables y de gran dimensión. Para estos es recomendable desquinchar.

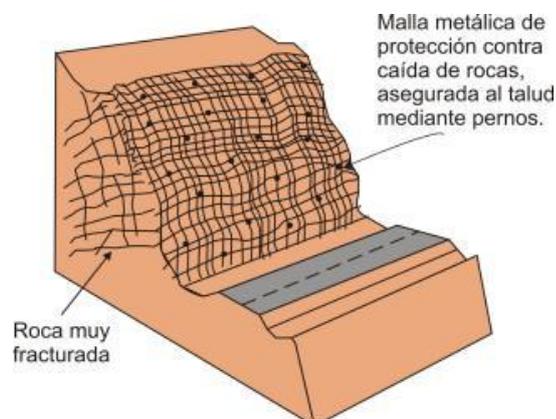


Figura 14. Empleo de mallas metálicas en taludes (adaptada de FHWA, 1988).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De la evaluación geológica-geotécnica se ha determinado que el sector se encuentra afectado por desprendimientos de rocas asociados al intenso fracturamiento del macizo rocoso y a la actividad humana. Esto ha favorecido en la aceleración de estos procesos; como fue la infiltración de aguas provenientes del baño público de la ampliación del Asentamiento Humano Inty Llacta.
- En el caso de que las viviendas continúen en sectores susceptibles a desprendimientos de roca, es necesario el asesoramiento técnico de un geotecnista, para la construcción de muros y reforzamiento de taludes críticos (mallas).
- Se recomienda desquincar los bloques sueltos e inestables (suspendidos) en el talud. Así mismo, se debe tener en cuenta que antes de ocupar un terreno, deberá verificarse si estos reúnen características geológicas aceptables y no permitir la generación de nuevos asentamientos humanos en las laderas de los cerros, con condiciones similares de inestabilidad.
- El bloque inestable que tiene una longitud de 15 m, debe ser eliminado, para ello se debe contar con un especialista en geotecnia y voladura controlada.
- El sector de Inty Llacta, se considera como de alta susceptibilidad y alto riesgo a la caída de rocas, es una zona en peligro inminente.

AGRADECIMIENTOS

En nombre del INGEMMET, los autores del presente informe agradecen a la Municipalidad de Chorrillos por el apoyo brindado durante la inspección de campo.

REFERENCIAS

- ALVA HURTADO J.E., MENESES J. Y GUZMÁN V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú. Disponible en Web: www.cismid.uni.edu.pe.
- CASAVARDE L. Y VARGAS J. (1980), "Zonificación Sísmica del Perú", II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente, Organización de Estados Americanos y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

- INGENMET-DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL (2003). Estudio Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 3. Boletín, Serie "C": Geodinámica e Ingeniería Geológica; 28, 373 p.
- INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ - IGP (2005) Centro Nacional de Datos Geofísicos, -Datos de Intensidades Sísmicas. Disponible en Web: www.igp.gob.pe/sismologia.
- LEÓN, W.; DE LA CRUZ, O. (2003). Memoria Descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala, Lurín y Lima. INGENMET.
- MTC/SENCICO (2003). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación NTE.030.Diseño Sismorresistente. Lima MTC/SENCICO, Perú ,27p. Disponible en web: www.cismid.uni.edu.pe.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2011). Estudios de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad para la Ciudad de Lima. Disponible en página web: http://www.vivienda.gob.pe/pgt/cuadro_chorrillos.html
- PALACIOS O., CALDAS, J. & VELA, CH. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín. Chancay y Chosica. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Carta Geológica Nacional. Serie "A". Boletín N° 43. Págs. 162.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (2003), Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo). En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. Págs. 310-311.
- SILGADO, E. (1978) - Historia de los Sismos más notables en el Perú 1513- 1979. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Boletín N° 3 – Serie C. Lima. 130 p. Disponible en web: www.ingemmet.gob.pe/biblioteca.

ANEXO A

FICHA DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y DESCRIPCIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

FORMULARIO PARA LA DESCRIPCION DE MACIZOS ROCOSOS

INFORMACION GENERAL A.H. Inty Llacta - Chorrillos

N° LUGAR FECHA OPERARIO METODO DE LOCALIZACION 1- Coordenadas LATITUD LONGITUD ALTURA

TIPO DE EMPLAZAMIENTO TAMAÑO DE EMPLAZAMIENTO N° DE HOJAS DE DISCONTINUIDADES ESQUEMA FOTOGRAFIA ENSAYOS DE LABORATORIO

- 1- Parametro natural 1- > 10 m2
- 2- Excavación para construcción 2- 5 - 10 m2
- 3- Calicata 3- 1 - 5 m2
- 4- Zanja 4- < 1 m2
- 5- Galería 5- Reconocimiento lineal
- 6- Túnel
- 7- Talud natural
- 8- Talud de corte

OBSERVACIONES
 Observado en corte de talud. La caída de rocas que se ocasionó el 11 de agosto del 2010. . Aún se observan bloques de arenisca de hasta 1,50 m de diámetro.
 Se considera zona crítica muy cerca al lote 15 de la manzana A7 del Jr. 06 de Enero del A.H Inty Llacta. En el corte del talud, también se verificó una grieta de 15 m de longitud, de 0.10 a 0.30 m de ancho y 0.40 m de profundidad visible.

INFORMACION SOBRE LA ROCA MATRIZ

COLOR TAMAÑO DEL GRANO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN METODO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TIPO DE ROCA

- | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|---------------|-------------|
| 1- Ligero | 1- Rosáceo | 1- Rosa | 1- Grues (>2 mm) | 1- Roca muy debil | (1 - 5) | 1- Medido |
| 2- Oscuro | 2- Rojizo | 2- Rojo | 2- Medio (0.06 -2 mm) | 2- Roca débil | (5 - 25) | 2- Estimado |
| 3- Amarillo | 3- Amarillo | 3- Amarillo | 3- Fino (<0.06 mm) | 3- Roca medianamente fuerte | (25 - 50) | |
| 4- Castaño | 4- Castaño | 4- Castaño | | 4- Roca fuerte | (50 - 100) | |
| 5- Oliva | 5- Olivo | 5- Olivo | | 5- Roca muy fuerte | (100 - 250) | |
| 6- Verdoso | 6- Verde | 6- Verde | | 6- Roca extremadamente fuerte | (> 250) | |
| 7- Azulado | 7- Blanco | 7- Blanco | | | | |
| 8- Grisáceo | 8- Gris | 8- Gris | | | | |
| | 9- Negro | 9- Negro | | | | |

TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA
 Arenisca color gris con niveles de lutitas y dique de andesita.
 Roca fuerte, ligeramente alterado, presenta decoloración en las capas de areniscas de 1 a 1,5 m de potencia.
 Macizo muy fraturado, con algunos bloques sueltos y suspendidos en el talud.

INFORMACION SOBRE EL MACIZO

ESTRUCTURA TAMAÑO DE BLOQUE GRADO DE METEORIZACION N° DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES

- | | | |
|--------------|----------------------|------------------------------|
| 1- Masivo | 1- Muy grande (<1) | 1- Roca sana |
| 2- Cúbico | 2- Grande (1-3) | 2- Ligeramente meteorizado |
| 3- Tabular | 3- Medio (3-10) | 3- Moderadamente meteorizada |
| 4- Columnar | 4- Pequeño (10-30) | 4- Muy meteorizada |
| 5- Irregular | 5- Muy pequeño (>30) | 5- Descompuesta |
| 6- Tirurado | | |

MUESTREOS LINEALES PARA DETERMINAR EL ESPACIADO

	INCLINACION	RUMBO	LONG (m)	N° FRAC.	ESP	OBSERVACIONES
LINEA 1						
LINEA 2						
LINEA 3						

1-Extrema. juntas (<20mm) 2-Muy juntas (20-60mm) 3-Juntas (60-200mm) 4-Mod. Juntas (200-600 mm) 5-Separadas (0,6-2 m) 6- Muy separadas (2-6 m) 7- Extrema. separadas (> 6 m)

**CLASIFICACIONES GEOMECANICAS
DATOS DE CAMPO**

Proyecto: EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE LA CAÍDA DE ROCAS EN EL A.H. INTY LLACTA
 Operador: INGEMMET Fecha: 12/07/2011
 Observador: G. Luque / S. Nuñez

Croquis/Gráficos/Notas



Datos Estación Geomecánica

Talud : 80 - 65
 13 fracturas
E: ET001
 Calle 06 Enero, Lte. 14

Datos Informacion Geologica

Roca sedimentaria tipo arenisca con niveles de limolitas y lutitas muy fracturado, ligeramente alterado, con bancos de 1 a 1,5 m de areniscas y de 0,3 a 0,8 m de lutitas. Las fracturas de las areniscas se encuentran rellenas con cristales de halita y pa

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

MARTILLO DE SCHMIDT N° de determinaciones realizadas

N° determinaciones tomadas (tras eliminar los extremos inferiores)

18	50	68	68	60	58	56	50	54
	58	48	56	60	60	58	70	64
Valor modal	58	42	50	68	62			
Valor medio	58							

COMPRESION UNIAxIAL ENSAYADA EN LABORATORIO

C₀ (Mpa)

Tipo de Muestra:

MATRIZ ROCOSA

SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Carga Puntual			
	Mas Informacion y datos en hojas adjuntas	>10 Mpa		
10-04				
4-2				
2-1				
<1Mpa				
Is (50)				
	Tipo de probeta	Cilindrica diametral	Cilindrica axial	Bloque Irregular

<input checked="" type="checkbox"/> INDICE MANUAL (martillo geologo)	
No, rompe solo saltan astillas	
Rompe con muchos golpes	
Rompe con mas de un golpe	X
Rompe con un golpe	
Se indenta la punta	
Se machaca con un golpe	
Idem y se raya con la uña	

VALOR Y/O INTERVALO		
> 250 MPa	Muy alta	<input type="checkbox"/>
250-100	Alta	<input type="checkbox"/>
100-50	Media	■
50-25	Baja	<input type="checkbox"/>
05-25	Muy Baja	<input type="checkbox"/>
01-05		<input type="checkbox"/>
< 1 MPa		<input type="checkbox"/>

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					DESCRIPCION DEL MACIZO					
MATRIZ	la	F	Roca sana a fresca	-	<input type="checkbox"/>	OTROS TIPOS DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	MASIVO	Pocas discontinuidades o muy ampliamente espaciados	<input type="checkbox"/>	
	lb		Debil decoloracion en juntas principales	-	<input checked="" type="checkbox"/>		EN BLOQUES	Aproximadamente equidimensional	<input type="checkbox"/>	
	II	SW	Ligeramente alterada	< 10%	<input type="checkbox"/>		TABULAR	Una dimension bastante menor que las otras dos.	<input checked="" type="checkbox"/>	
	III	MW	Bastante Alterada	10-50	<input type="checkbox"/>		COLUMNAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>	
	IV	HW	Muy alterada	50-90	<input type="checkbox"/>		IRREGULAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>	
	V	CS	Completamente alterada	> 90	<input type="checkbox"/>		TRITURADO	Con muchisimas discontinuidades	<input type="checkbox"/>	
	VI	RS	Roca descompuesta	1	<input type="checkbox"/>					
AGUA	CONDICIONES GENERALES - r_u			FLUJO EN EXCAVACIONES			RED DE DISCONTINUIDADES	DIACLASADO		
	Completamente seco	<input checked="" type="checkbox"/>	r _u =0	Secas o filtraciones locales (menos 5l/min)	<input type="checkbox"/>	<1		la	Masivo, sin juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>
	Humedo	<input type="checkbox"/>	0-0,1	Filt. Medias o agua a presion lavados ocasionales de	<input type="checkbox"/>	1-2,5		lb	masivo, juntos ocasionales	<input type="checkbox"/>
	Mojado	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2	Grandes o agua a presion, roca compl. juntos sin	<input type="checkbox"/>	2,5-10		II	Una familia	<input type="checkbox"/>
	Goteado	<input type="checkbox"/>	0,2-0,5	Grandes o agua a gran presion con lavado de	<input type="checkbox"/>			III	Una familia y ocaasionales	<input type="checkbox"/>
	Fluyendo	<input type="checkbox"/>	r _u >0,5	Excepcionalmente alta inicial, decreciente con el	<input type="checkbox"/>	>10		IV	Dos familias	<input type="checkbox"/>
	Agua a presion	<input type="checkbox"/>		Excepcionalmente alta, mantenida.	<input type="checkbox"/>			V	Dos familias y ocasionales	<input checked="" type="checkbox"/>
RAZON DE PRESIONES INTERSTICIALES			PRESION DE AGUA APROXIMADA (Kg/cm ₂)			VI	Tres familias	<input type="checkbox"/>		
$r_u = \frac{u}{\sigma_x}$			ESTACIONALIDAD:			VII	Tres familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>		
ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> ¿? <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> ¿? <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			VIII	Cuatro o mas familias	<input type="checkbox"/>		
ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> ¿? <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> ¿? <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			IX	Roca trituradas, suelo	<input type="checkbox"/>		
CLAVES Censado de diaclasas adjunto: SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>										
Estratificacion	E	Compresion	Cs	Estilolitos	Et					
Esquistocidad	S	Traccion	Tr	Disoluciones	DI					
Foliacion	F	Corte	Cr	Slickensides	SI					
Juntas	J	Flexion	Fx	Volcanicas	V					
Persistente	P	Subpers	S	No persistente	N					
Muy separadas	>2,00m	MS	Proximas	0,20-0,06m	P					
Separadas	2,00-0,60m	S	Muy proximas	<0,06m	MP					
Medianamente separadas	0,60-0,20m	X								
Muy rugosa	M	1º Nivel	2º Nivel							
Rugosa	R	Escalonada	E	Rugosa	R					
Algo Rugosa	A	Ondulada	O	Lisa	L					
Suave	S	Plana	P	Pulida	P					
Señales de Pulido	P									
Cerrada	<0,1mm	C	Muy Abierta	>5mm	M					
Algo Abierta	0,1-1,0mm	L								
Abierta	1,0-5,0mm	A								
Acoplada	A	No-Unidireccional	U	No-bidireccional	B					
Sin relleno	S	Arenoso	A	LL<30	CH					
Puentes de roca	P	Silicatos	I	LL>30	CL					
Cementacion	C	Mica/clorita	M	Expansivo	Ce					
Brecha de falla	F	Solubles	L	Arenoso	SC					
Otros:	Oxidos									
$J = \sum \frac{1}{Sx} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} + \dots$										
Para el flujo de agua y el estado de bordes, utilizar el mismo metodo que para la matriz rocosa										
Notas:										
						CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES				
						FAM 1 FAM 2 FAM 3 FAM 4 FAM 5				
Tipo / Genesis:						E	J	J		
Direccion del Buzamiento:						220	359	105		
Buzamiento:						15	89	64		
Continuidad:						S	S	S		
ESPACIAMIENTO						Rango	S	S	S	
						Modal				
						Medio				
RUGOSIDAD						General	A	A	A	
						1nivel	E	E	E	
						2nivel	R	R	R	
						JRC				
APERTURA						Rango	M	A	L	
						Modal				
						Medio				
Acoplamiento						A	A	A		
RELLEN O						Si/No	Si	Si	Si	
						Tipo	L	F	F	
FLUJO DE AGUA						C. Gral.	Seco	Seco	Seco	
						Estac.	No	No	No	
BORDES						Alteracion	lb	lb	lb	
						Resistencia	Media	Media	Media	
						Medido sondeo:	Palmstrom: RQD=115-3,3Jv=			
						Estimado	70-80%	Valor y/o intervalo adoptado	75%	

FORMULARIO PARA LA DESCRIPCION DE MACIZOS ROCOSOS

INFORMACION GENERAL A.H. *Inty Llacta - Chorrillos*

N° LUGAR FECHA OPERARIO METODO DE LOCALIZACION 1- Coordenadas LATITUD LONGITUD ALTURA

TIPO DE EMPLAZAMIENTO TAMAÑO DE EMPLAZAMIENTO N° DE HOJAS DE DISCONTINUIDADES ESQUEMA FOTOGRAFIA ENSAYOS DE LABORATORIO

- 1- Parametro natural
2- Excavación para construcción
3- Calicata
4- Zanja
5- Galería
6- Túnel
7- Talud natural
8- Talud de corte
- 1- > 10 m2
2- 5 - 10 m2
3- 1 - 5 m2
4- < 1 m2
5- Reconocimiento lineal

OBSERVACIONES

Observado en corte de talud. Aun se observan los bloques caídos del evento del 11 de Agosto del 2010, y se observan bloques suspendidos en el talud.

del Jr. 06 de Enero del A.H Inty Llacta. En el corte del talud, también se verificó una grieta de 15 m de longitud, de 0.10 a 0.30 m de ancho y 0.40 m de profundidad visible.

INFORMACION SOBRE LA ROCA MATRIZ

COLOR TAMAÑO DEL GRANO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN METODO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TIPO DE ROCA

- | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|---------------|-------------|
| 1- Ligeró | 1- Rosáceo | 1- Rosa | 1- Grues (>2 mm) | 1- Roca muy debil | (1 - 5) | 1- Medido |
| 2- Oscuro | 2- Rojizo | 2- Rojo | 2- Medio (0.06 -2 mm) | 2- Roca débil | (5 - 25) | 2- Estimado |
| 3- Amarillo | 3- Amarillo | 3- Amarillo | 3- Fino (<0.06 mm) | 3- Roca medianamente fuerte | (25 - 50) | |
| 4- Castaño | 4- Castaño | 4- Castaño | | 4- Roca fuerte | (50 - 100) | |
| 5- Oliva | 5- Olivo | 5- Olivo | | 5- Roca muy fuerte | (100 - 250) | |
| 6- Verdoso | 6- Verde | 6- Verde | | 6- Roca extremadamente fuerte | (> 250) | |
| 7- Azulado | 7- Blanco | 7- Blanco | | | | |
| 8- Grisáceo | 8- Gris | 8- Gris | | | | |
| | 9- Negro | 9- Negro | | | | |

TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA

Arenisca color gris con niveles de lutitas, ligeramente meteorizado.

Roca fuerte, ligeramente alterado, presenta decoloración en las capas de areniscas y presencia de humedad.

Macizo muy fraturado, con algunos bloques sueltos y suspendidos en el talud.

INFORMACION SOBRE EL MACIZO

ESTRUCTURA TAMAÑO DE BLOQUE GRADO DE METEORIZACION N° DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES

- Jv (discontinuidades/m²)
- | | | |
|--------------|----------------------|------------------------------|
| 1- Masivo | 1- Muy grande (<1) | 1- Roca sana |
| 2- Cúbico | 2- Grande (1-3) | 2- Ligeramente meteorizado |
| 3- Tabular | 3- Medio (3-10) | 3- Moderadamente meteorizada |
| 4- Columnar | 4- Pequeño (10-30) | 4- Muy meteorizada |
| 5- Irregular | 5- Muy pequeño (>30) | 5- Descompuesta |
| 6- Tirurado | | |

MUESTREOS LINEALES PARA DETERMINAR EL ESPACIADO

	INCLINACION	RUMBO	LONG (m)	N° FRAC	ESP	OBSERVACIONES
LINEA 1						
LINEA 2						
LINEA 3						

1-Extrema. juntas (<20mm) 2-Muy juntas (20-60mm) 3-Juntas (60-200mm) 4-Mod. Juntas (200-600 mm) 5-Separadas (0.6-2 m) 6- Muy separadas (2-6 m) 7- Extrema. separadas (> 6 m)

**CLASIFICACIONES GEOMECANICAS
DATOS DE CAMPO**

Proyecto: EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE LA CAÍDA DE ROCAS EN EL A.H. INTY LLACTA
 Operador: INGEMMET
 Observador: G. Luque / S. Nuñez

Fecha: 12/07/2011

Croquis/Gráficos/Notas



Datos Estación Geomecánica

Talud: 72 -70
 40 fracturas
E: ET002
 Calle 06 Enero, Lte. 15

Datos Información Geologica

Roca sedimentaria tipo areniscas con niveles de limolitas y lutitas muy fracturado, ligeramente alterado, con bancos de 1 a 1,5 m de areniscas y de 0,5 m de limolitas y lutitas. Las fracturas de las areniscas se encuentran rellenas con panizo. En alguno

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

MARTILLO DE SCHMIDT N° de determinaciones realizadas

N° determinaciones tomadas (tras eliminar los extremos inferiores)

13	64	60	62	64	66	64	54	60
	54	56	70	50	56	55	56	
Valor modal								
64								
Valor medio								
59.4								

COMPRESION UNIAXIAL ENSAYADA EN LABORATORIO

C₀ (Mpa)

Tipo de Muestra:

MATRIZ ROCOSA

<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Carga Puntual			
Mas Información y datos en hojas adjuntas		>10 Mpa			
		10-04			
		4-2			
		2-1			
		<1Mpa			
		Is (50)			
	Tipo de probeta	Cilindrica diametral	Cilindrica axial	Bloque Irregular	

<input checked="" type="checkbox"/> INDICE MANUAL (martillo geologo)	
No, rompe solo saltan astillas	
Rompe con muchos golpes	
Rompe con mas de un golpe	X
Rompe con un golpe	
Se indenta la punta	
Se machaca con un golpe	
Idem y se raya con la uña	

VALOR Y/O INTERVALO		
> 250 MPa	Muy alta	<input type="checkbox"/>
250-100	Alta	<input type="checkbox"/>
100-50	Media	■
50-25	Baja	<input type="checkbox"/>
05-25	Muy Baja	<input type="checkbox"/>
01-05		<input type="checkbox"/>
< 1 MPa		<input type="checkbox"/>

MATRIZ		ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA				OTROS TIPOS DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	
		la	F	Roca sana a fresca	-		
	lb			Debil decoloracion en juntas principales	-	<input checked="" type="checkbox"/>	
	II	SW		Ligeramente alterada	< 10%	<input type="checkbox"/>	
	III	MW		Bastante Alterada	10-50	<input type="checkbox"/>	
	IV	HW		Muy alterada	50-90	<input type="checkbox"/>	
	V	CS		Completamente alterada	> 90	<input type="checkbox"/>	
	VI	RS		Roca descompuesta	1	<input type="checkbox"/>	

AGUA		CONDICIONES GENERALES - r _u		FLUJO EN EXCAVACIONES	
		Completamente seco	<input type="checkbox"/>	r _u =0	Secas o filtraciones locales (menos 5l/min)
Humedo	<input checked="" type="checkbox"/>	0-0,1	Filt. Medias o agua a presion lavados ocasionales de	<input type="checkbox"/>	1-2,5
Mojado	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2	Grandes o agua a presion, roca comp. juntos sin	<input type="checkbox"/>	2,5-10
Goteado	<input type="checkbox"/>	0,2-0,5	Grandes o agua a gran presion con lavado de	<input type="checkbox"/>	
Fluyendo	<input type="checkbox"/>	r _u >0,5	Excepcionalmente alta inicial, decreciente con el	<input type="checkbox"/>	>10
Agua a presion	<input type="checkbox"/>		Excepcionalmente alta, mantenida	<input type="checkbox"/>	
RAZON DE PRESIONES INTERSTICIALES		$r_u = \frac{u}{\sigma_x}$		PRESION DE AGUA APROXIMADA (Kg/cm ²)	
ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> ¿? <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					

RED DE DISCONTINUIDADES		DESCRIPCION DEL MACIZO			
		MASIVO		Pocas discontinuidades o muy ampliamente espaciados	<input type="checkbox"/>
EN BLOQUES		Aproximadamente equidimensional	<input type="checkbox"/>		
TABULAR		Una dimension bastante menor que las otras dos.	<input checked="" type="checkbox"/>		
COLUMNAR		Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>		
IRREGULAR		Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>		
TRITURADO		Con muchisimas discontinuidades	<input type="checkbox"/>		

RED DE DISCONTINUIDADES		DIACLASADO			
		la	Masivo, sin juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>	
lb	masivo, juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>			
II	Una familia	<input type="checkbox"/>			
III	Una familia y ocaionales	<input type="checkbox"/>			
IV	Dos familias	<input type="checkbox"/>			
V	Dos familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>			
VI	Tres familias	<input type="checkbox"/>			
VII	Tres familias y ocasionales	<input checked="" type="checkbox"/>			
VIII	Cuatro o mas familias	<input type="checkbox"/>			
IX	Roca trituradas, suelo	<input type="checkbox"/>			

CLAVES		Censado de diaclasas adjunto: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Estratificacion	E	Compresion	Cs	Estilolitos	Et
Esquistocidad	S	Traccion	Tr	Disoluciones	DI
Foliacion	F	Corte	Cr	Slickensides	SI
Juntas	J	Flexion	Fx	Volcanicas	V
Persistente	P	Subpers	S	No persistente	N
Muy separadas	>2,00m	MS	Proximas	0,20-0,06m	P
Separadas	2,00-0,60m	S	Muy proximas	<0,06m	MP
Medianamente separadas	0,60-0,20m	X			
Muy rugosa	M	1º Nivel		2º Nivel	
Rugosa	R	Escalonada	E	Rugosa	R
Algo Rugosa	A	Ondulada	O	Lisa	L
Suave	S	Plana	P	Pulida	P
Señales de Pulido	P				
Cerrada	<0,1mm	C	Muy Abierta	>5mm	M
Algo Abierta	0,1-1,0mm	L			
Abierta	1,0-5,0mm	A			
Acoplada	A	No-Unidireccional	U	No-bidireccional	B
Sin relleno	S	Arenoso	A	LL<30	CH
Puentes de roca	P	Silicatos	I	LL>30	CL
Cementacion	C	Mica/clorita	M	Expansivo	Ce
Brecha de falla	F	Solubles	L	Arenoso	SC
Otros: Oxidos					O
$J = \sum \frac{1}{Sx} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} + \dots$					
Para el flujo de agua y el estado de bordes, utilizar el mismo metodo que para la matriz rocosa					
Notas:					

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES		RED DE DISCONTINUIDADES				
		Tipo / Genesis:	E	J	J	J
Direccion del Buzamiento:	220	290	55	85	82	
Buzamiento:	13	85	70	85	85	
Continuidad:	P	P	P	S	P	
ESPACIAMIENTO	Rango	S	S	S	S	
	Modal					
	Medio					
RUGOSIDAD	General	A	A	A	A	
	1nivel	E	E	E	E	
	2nivel	R	R	R	R	
	JRC					
APERTURA	Rango	A	A	A	A	
	Modal					
	Medio					
Acoplamiento						
RELLEN O	Si/No	SI	SI	SI	SI	
	Tipo	F	F	F	F	
FLUJO DE AGUA	C. Gral.	Seco	Seco	Seco	Húmedo	
	Estac.	No	No	No	No	
BORDES	Alteracion	lb	lb	lb	lb	
	Resistencia	Media	Media	Media	Media	
RQD	Medido en sondeo:		Palmstrom: RQD=115-3,3Jv=			
	Estimado	80-85%	Valor y/o intervalo adoptado		80%	

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
A.H Inty Llacta (distrito Chorrillos)

LUGAR: Inty Llacta

POR: INGEMMET
FECHA: 12/07/2011
HOJA: _____

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)												
	RUMBO.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					RANGO DE VALORES					VALORACI.		
ET-001-002	N 20 W	72 NE			VALOR ESTIMADO					VALOR ESTIMADO							
TIPO DE ROCA				FRECUENCIA FRACTURA		VALOR ESTIMADO											
A		B		%		Nº Fract. / ml.											
Ar-Lt		75				4											
TIPO	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS		CONDICION DE JUNTAS	R. COMPRESION UNIAxIAL (MPa)					VALOR ESTIMADO				
ESTRUC.	RUMBO, DIR. BUZAM.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	TIPO	ESPESSOR		ABERTURA (2)	ESPACIAMIENTO (m)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	7		
E	220	15	1	Ha-Pzo	< 5 mm		Cerrada (6)	>2	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25	(3)	2	13	
J	359	89	0.7	Pzo	< 5 mm		Muy rugosa (6)	0,6-2 (15)	X	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3	15			
J	105	64	0.7	Pzo	< 5 mm		Rugosa (5)										
E	220	13	1.5	Ha-Pzo	< 5 mm		Limpia (6)										
J	290	85	0.8	Pzo	< 5 mm		Duro < 5mm (4)										
J	55	70	1	Pzo	< 5 mm		Lig. Alterada. (5)										
J	85	85	0.6	Pzo	< 5 mm		Sana (6)										
J	82	85	0.8	Pzo	< 5 mm		ALTERACION (5)										
							AGUA SUBTERRANEA										
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0											
DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA											
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 59																	
III																	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

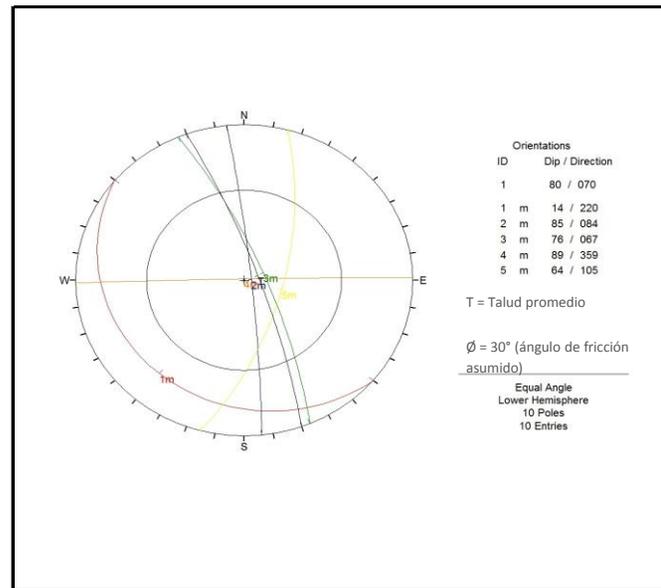
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Ar	Arenisca
Lt	Lutita

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
D	Diaclasa
Fn	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	
Ox	Oxido
Arc	Arcilla
Ca	Carbonatos
Pzo	Panizo

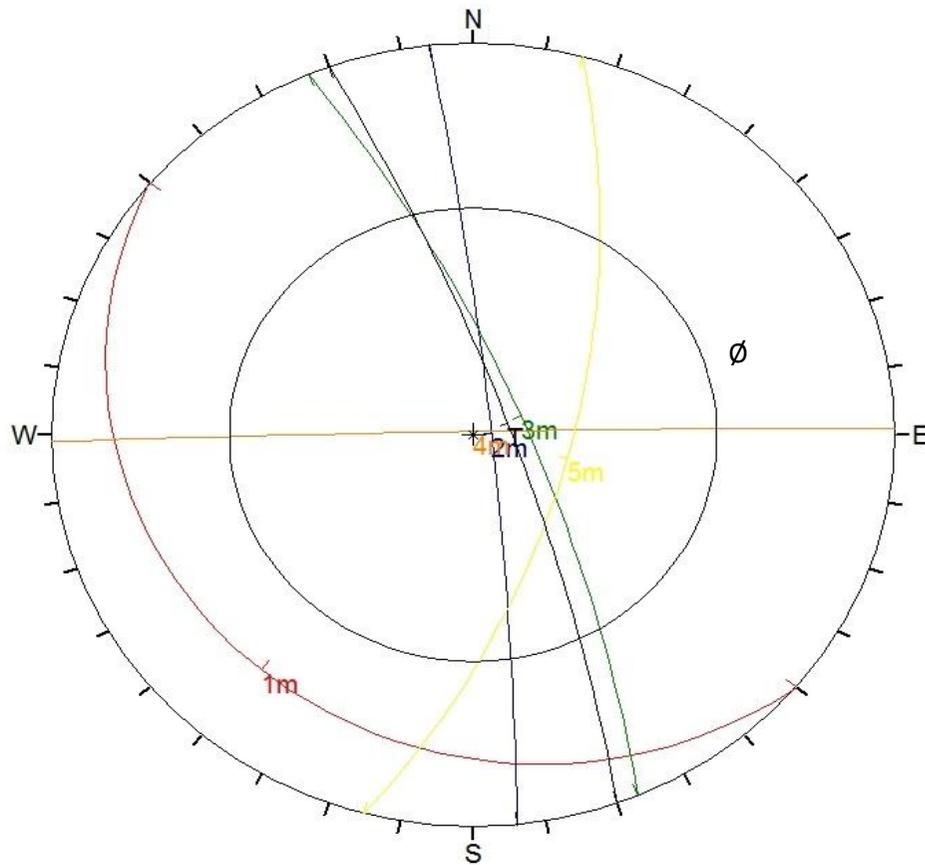
ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0,6 - 2 m
3	0,2 - 0,6 m
4	0,06 - 0,2 m
5	< 0,06 m

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración, del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



ANEXO B

ANÁLISIS CINEMÁTICO



Orientations		
ID		Dip / Direction
T		80 / 070
1	m	14 / 220
2	m	85 / 084
3	m	76 / 067
4	m	89 / 359
5	m	64 / 105

T = Talud promedio

$\phi = 30^\circ$ (ángulo de fricción asumido)

Equal Angle
Lower Hemisphere
10 Poles
10 Entries

ANÁLISIS CINEMÁTICO:

1. Rotura planar con el Set 3
2. Rotura por cuñas con los Sets 3-5 y 4-5
3. Grieta de tracción: Sets 1 y 2 (estas estructuras facilitan la



Esquema de las discontinuidades del macizo rocoso, sector A.H. Inty Llacta