



**ESTUDIO GEODINÁMICO  
DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, CUSCO**

**Mapa de Peligros por Movimientos de Remoción en Masa**



## CAPITULO I GENERALIDADES

### 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### 1.1.1 Objetivo General

Elaborar el estudio geodinámico del distrito de San Jerónimo para la identificación de las zonas de expansión urbana.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar y caracterizar los movimientos de remoción en masa existentes en el distrito.
- Identificar áreas susceptibles a ser afectadas por movimientos de remoción en masa particularmente en aquellos sectores en los que se encuentren viviendas, equipamiento o infraestructura urbana.
- Elaborar el mapa de peligros por movimientos de remoción en masa del distrito de San Jerónimo.

### 1.2 ANTECEDENTES

En relación a la geodinámica externa existen estudios realizados por diferentes instituciones como: el Centro Guamán Poma de Ayala (2010), el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES, 2011), y la Municipalidad Provincial del Cusco (2011), así mismo, se tiene El Mapa de peligros elaborado por el ingeniero Ruperto Benavente (2004). Dichos estudios fueron desarrollados a una escala mayor al 1/ 50,000, por lo que fueron considerados de forma referencial.

Los estudios o documentos desarrollados en la región Cusco, en torno a los eventos sísmicos, no muestran un gran avance.

Por otro lado, los estudios que podríamos considerar como antecedentes para la geodinámica interna son los siguientes: Mapa de Peligros de la



ciudad de Cusco, INDECI, 2004 y Sismos en el Cusco, del Ing. Jorge Cuenca, 2005.

### **1.3 MARCO LEGAL**

#### **Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano DS: N° 004- 2011 vivienda**

Art. 34. Ubicación de las áreas urbanas, las de expansión urbana,

#### **Cap V: Plan Urbano Distrital**

##### **Artículo 13.- Definición de Plan Urbano Distrital**

El Plan Urbano Distrital es el instrumento técnico-normativo mediante el cual se desarrollan disposiciones del PDM y del PDU, en los distritos que pertenecen a Áreas Metropolitanas o a áreas conurbadas.

##### **Artículo 45.- Nivel de aprobación y vigencia del plan urbano distrital**

Concluido el procedimiento establecido en el artículo anterior, el Concejo Distrital, mediante Ordenanza, aprobará el Plan Urbano Distrital que tendrá una vigencia de cinco (05) años contados desde su publicación, remitiendo copia del mismo a la Municipalidad Metropolitana o Municipalidad Provincial correspondiente

##### **Contenido del Plan de Desarrollo Urbano (PDU Provincial)**

El Plan de Desarrollo Urbano establece, lo siguiente, entre otros puntos: La proyección de la demanda de nuevas unidades de vivienda para determinar las áreas de expansión urbana y/o programas de densificación, de acuerdo a las condiciones y características existentes. Aun cuando no establece la obligatoriedad de este componente en el Plan Urbano Distrital (PUD), es necesario el cálculo poblacional distrital futuro en función a sus tendencias de crecimiento poblacional que aporten al PDU.

- Ley de Reasentamiento poblacional para zonas de alto riesgo no mitigable Ley N° 29869.
- Compatibilidad de usos Reglamento Nacional de Construcciones
- Reglamento Nacional de Edificaciones (23 de mayo de 2006)
- Ley del SINAGERD, Ley 29664

- Estudios técnicos de análisis de peligro y vulnerabilidades de un sector crítico de riesgo de desastre urbano.
- Ref. Reglamento del Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Cusco, 2006-2012.

**ANEXO N° 2- Área de Expansión urbana.-** Espacio del territorio comprendido por el suelo urbanizable.

El RNE en la norma 040 establece las siguientes definiciones relacionadas al presente estudio:

**Área rural:** Es el área establecida en los Instrumentos de Planificación Territorial que está fuera de los límites urbanos o de expansión urbana.

**Área urbana:** Es el área destinada a usos urbanos, comprendida dentro de los límites urbanos establecidos por los Instrumentos de Planificación Territorial.

**Estudio de riesgos:** Evaluación de los peligros reales o potenciales de un terreno para ejecutar una habilitación urbana o una edificación.

**Expansión urbana:** Proceso mediante el cual se incrementa la superficie ocupada de un centro poblado.

**Habilitación urbana:** Proceso de convertir un terreno rústico en urbano, mediante la ejecución de obras de accesibilidad, distribución de agua y recolección de desagüe, distribución de energía e iluminación pública, pistas y veredas. Adicionalmente podrá contar con redes para distribución de gas y redes de comunicaciones. Las habilitaciones urbanas pueden ser ejecutadas de manera progresiva.

**Terreno rústico:** Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno no habilitada para uso urbano y que por lo tanto no cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagües, abastecimiento de energía eléctrica, redes de iluminación pública, pistas ni veredas.

**Terreno urbano:** Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno habilitado para uso urbano y que cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagüe, abastecimiento



de energía eléctrica y redes de iluminación pública y que ha sido sometida a un proceso administrativo para adquirir esta condición. Puede o no contar con pistas y veredas.

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGIA DE TRABAJO**

El presente estudio se desarrolló en cuatro fases de trabajo: recopilación de información, levantamiento de información de campo, ensayo y análisis de laboratorio y procesamiento de información en gabinete, las mismas que se detallan a continuación.

#### **2.1 RECOPIACION DE INFORMACION**

En esta fase se realizó la recopilación de información procedente de diferentes instituciones como el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la Municipalidad Provincial del Cusco, la Municipalidad distrital de San Jerónimo, Compañía de Bomberos de San Jerónimo y Centro Guamán Poma de Ayala. Dicha información consistió en planos topográficos, imágenes satelitales, estudios, antecedentes y/o similares, relacionados básicamente a geología, geodinámica, hidrología, sísmica, población y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés.

#### **2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION EN CAMPO**

El levantamiento de información campo consistió en trabajos que se desarrollaron en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa "in situ" referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geodinámicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes. Entre estos tenemos la apertura a cielo abierto de 25 calicatas, en lugares estratégicos del distrito de San Jerónimo, hasta la profundidad máxima de -3.00m., según norma ASTM D-1452, para la descripción visual del perfil del suelo según Norma ASTM D-2487, ensayos de penetración utilizando penetrometro dinamico ligero (PDL) y

el muestreo en el estrato representativo para la posterior determinación de las propiedades geomecánicas del suelo en laboratorio.

Así mismo, se realizó un trabajo previo de sensibilización a las autoridades del área de interés, el cual se desarrolló en dos etapas (Tabla 2.1, 2.2), donde se socializó e informó sobre los alcances del estudio y se realizaron entrevistas para recabar información relacionada a la geodinámica externa, y la presencia de fuentes de agua como: manantes, cochas, ojos de agua, humedales, etc. información que se validó en los mapa base de cada zona o comunidad (ver Mapa Social).

Tabla 2.1 Intervención a Comunidades – Etapa I

N°	Comunidad	Actores	Trabajo Grupal	Entrevistados.	Fuentes de Verificación
1	Asociación de Pequeños productores agropecuario Pata Pata Lircay y Punas de Huaccoto.	Augusto Auccapure Vallenas (Prest- Asoc.)	6 directivos. Sab 19 enero 9am.	Vice-Presidente Sab 25 enero (8:30 am.)	1 entrevista, 4 fotos 2 fotos trabo grupal 1 Firma credencial
2	Comunidad Campesina Pillao Matao.	Gregorio Hermoza Huaman (Prest- Cc.)	4 Directivos Sab 19 enero 5 pm.	Presidente y Fiscal 25 enero (7am.)	1.- Entrevista al presidente 4.- Fotos trabajo grupal 1.- Firma de credencial
3	Comunidad Campesina Soncco.	Alejandro Escalante Ccolque (Prst.) Vice-presidente	4 directivos 20 enero (8am.)	Ex - Pst JASS Lunes 26 enero (3 pm.)	1 entrevista 10.- Fotos de trabajo grupal 1 firmas de credencial
4	Picol Orconpujio.	Julio Auccapure Vallenas (Prest- Cc.)	3 directivos: Lunes 28 y 29 enero (9am.)	Presidente 28 y 19 enero (9am y 5pm).	2 entrevistas 6.- Fotos de reconocimiento de campo 1.- Mapa Comunal (Registro)



Tabla 2.1 Intervención a Comunidades – Etapa II

Nº	Comunidad	Actores	Trabajo Grupal / Entrevistados.	Fuentes de Verificación
1	APV Altiva Canas	Felix Garcia Chuquimuni (Presidente)	6 actores: 1.- Presidente (28/01/13) 2.- Vecinos afectados (28/01/13)	(1) Entrevista Pdte. de APV (2) Audio de reconocimiento de zona (3) Fotos de identificación en zona (1) Firma de credencial
2	Comunidad Collana Chauancosco	Florentino Sinchi (presidente)	6 actores: 1.- Presidente (27/01/13)	(1) Entrevista al presidente (2) audio de participación en reunión. (8) Identificación de zona y reunión con la junta (1) Firma de credencial
3	Comunidad Susco Huaycalle	Froilan Ccohanqui (Presidente JAAS)	1 actor: 1 Presidente del JASS (29/01/13)	(1) Entrevista al presidente JASS. (1) Foto de entrevista en local de JASS (1) Firma de credencial
4	APV Accoyoc	Carlota Mellado (Presidenta APV)	7 actores: 1 Presidente de APV. (01/02/13) 1 Presidente de JASS (01/02/13)	(2) Entrevista a la presidenta. (1) Audio de reconocimiento de zona (4) Fotografías de reunión con la junta (1) Firma de credencial
5	Comunidad de Conchacalla	Mario Alpacca Vargas (Presidente)	1 actor: 04/02/13 Presidente de la Comunidad	(1) Entrevista al presidente (6) Fotografías de reunión con pdte. (1) Firma de credencial
6	APV Larapa Machu Picoll	Francisco Huaman Puella. (fiscal APV)	7 actores: (01/02/13) Fiscal y secretaria	(2) Audios de conversación (7) fotografías de reconocimiento de zona

### 2.3 ENSAYOS Y ANALISIS EN LABORATORIO

**Ensayos Standard:** Las muestras de suelo obtenidas de las Calicatas o pozos de exploración, fueron sometidas a los siguientes ensayos y análisis en Laboratorio

Ensayo	Norma ASTM
1) Contenido de Humedad	D 2216
2) Análisis Granulométrico	D 422
3) Límites Líquido	D 4318
4) Límites Plástico	D 4318
5) Clasificación: SUCS	D 2487

## **2.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN EN GABINETE**

Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases anteriores, permitieron determinar los estudios básicos correspondientes y finalmente la preparación del informe final.

Para cumplir con estos objetivos se cumplieron las siguientes acciones:

- Un adecuado y eficiente posicionamiento geo-referenciado de las estructuras geomorfológicas, estratigráficas, geodinámicas.
- El trabajo de campo en función a las cotas y parámetros establecidos en los planos topográficos base, el que sirvió como referencia para la ubicación y descripción del total de las estructuras geológicas encontradas
- Igualmente dentro de este contexto, se realizó una evaluación sísmológica, para conocer la historia sísmica regional y deducir la frecuencia sísmica para la región.
- Cartografiado geológico y geodinámico de uso de suelos
- Mapeo de los deslizamientos en la microcuenca

### CAPITULO III

## DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOGRÁFICO

### 3.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio, políticamente, se encuentra dentro del distrito de San Jerónimo, Provincia de Cusco, Región Cusco.

Geográficamente, está localizada entre las siguientes coordenadas **UTM WGS 84**:

Sub cuenca Huaccoto, Poblado de Huaccoto : 191 426 E y 8 504 402 N

Sub cuenca Kyra, Granja Kayra, UNSAAC : 188 925 E y 8 499 378 N

Sub cuenca Soncco, poblado de Soncco : 187 679 E y 8 496 048 N

Sub cuenca Huanacaure, cerro Huanacaure : 185 564 E y 8 495 258 N

Sub cuenca Pícol, cerro Pícol : 187 056 E y 8 504 459 N

El acceso a dicha área se realiza por vía terrestre por la carretera Cusco-Sicuani, aproximadamente a 10 km de la ciudad del Cusco, de donde salen trochas carrozables que se dirigen a las comunidades del distrito.

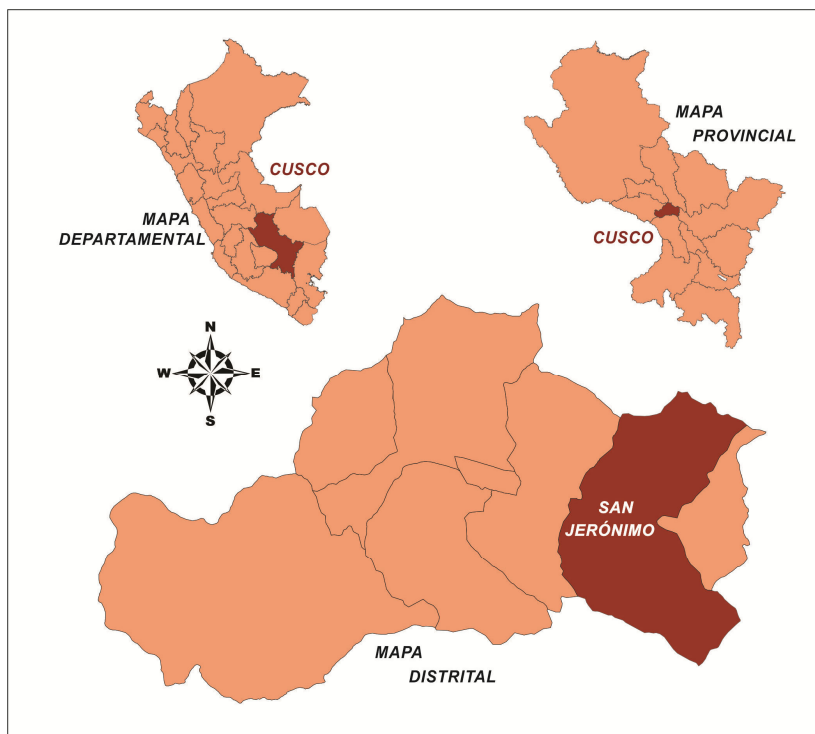


Figura 3.1 Mapa de Ubicación del distrito de San Jerónimo



### 3.2 EXTENSIÓN Y LÍMITES

San Jerónimo tiene una extensión aproximada de 93.58 Km<sup>2</sup>.

Sus límites son:

Por el Norte: distritos de Taray, San Salvador

Por el Este: distrito de Saylla

Por el Sur: distritos de Lucre y Yaurisque

Por el Oeste: distrito de San Sebastián

### 3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El distrito de San Jerónimo, posee 4 tipos de climas: el que ocupa la mayor parte del territorio es el Semiseco Semifrío con Invierno Seco, en el sector norte del distrito se encuentran el Lluvioso Semifrío con Invierno Seco y el Lluvioso Frío con Invierno Seco, y la parte sur del distrito posee el Semiseco Semifrío con Invierno Seco. (Ver Mapa Climático).

#### 3.3.1 Temperatura

La temperatura varía de acuerdo a las estaciones del año, en épocas de verano y primavera, el cambio de temperatura varía según la presencia o ausencia de lluvias (temperatura elevada con cielo despejado al medio día); en las estaciones de otoño e invierno el promedio de la temperatura baja (valor mínimo al amanecer).

#### 3.3.2 Humedad

Los valores medios de humedad relativa oscilan entre 62 y 78%.

- Humedad absoluta mínima (Junio) 8.9 milibares.
- Humedad absoluta máxima (Diciembre) 11.7 milibares.
- Humedad absoluta promedio anual 10.4 milibares.

#### 3.3.3 Precipitación

Las precipitaciones son de origen orográfico y se caracterizan por ser relativamente fuertes. Se presentan al promediar el mes de septiembre (con características torrenciales) y llegan a su fin el mes de abril. Entre el

mes de abril y septiembre, se presenta una temporada con ausencia de precipitaciones.

Se analizaron los datos de pluviometría anual, de los 21 años hidrológicos comprendidos entre 1990 y 2011, de las estaciones meteorológicas de K'ayra y la UNSAAC. En el Cuadro N° 3.1 y el Gráfico 3.1 se muestra la precipitación media mensual y media anual de los últimos 21 años para cada una de las estaciones. La precipitación media en la base de la subcuenca es 719mm<sup>3</sup> a una altura de 3350 m.; la precipitación en las partes altas aumenta considerablemente, llegando a una media por encima de los 800mm.

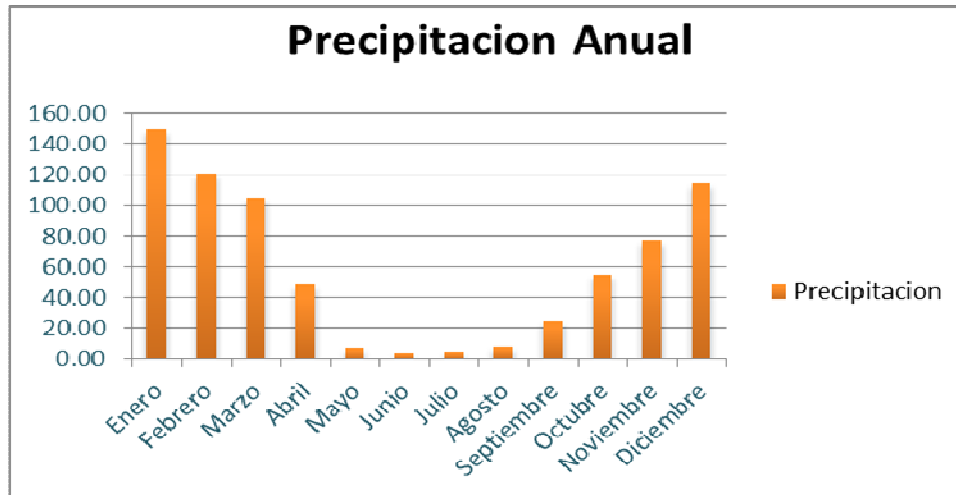
En el Cuadro N° 3.2 y Gráfico N° 3.2 se puede apreciar los datos totales de los últimos 21 años registrados en la estación meteorológica de K'ayra.

Cuadro N° 3.1. Pluviometría anual (1990 – 2011). Estaciones de K'ayra y UNSAAC

Mes	K'AYRA	UNSAAC	Media Aritmética
Enero	142,3	156,3	149,3
Febrero	111,1	131,4	121,2
Marzo	97,4	112,4	104,9
Abril	48,3	49,3	48,8
Mayo	6,6	8,2	7,4
Junio	2,7	4,9	3,8
Julio	4,4	5	4,7
Agosto	6,6	9,1	7,8
Setiembre	20,6	29,6	25,1
Octubre	49,2	60,3	54,7
Noviembre	70,49	84,2	77,5
Diciembre	107,4	121,7	114,5
TOTAL	667,09	772,4	719,7

Fuente: Estación Meteorológica Perayoc, UNSAAC.

Gráfico N° 3.1 Pluviometría anual (1990 – 2011). Estaciones de K'ayra y UNSAAC



Fuente: Estación Meteorológica Perayoc, UNSAAC, 2011.

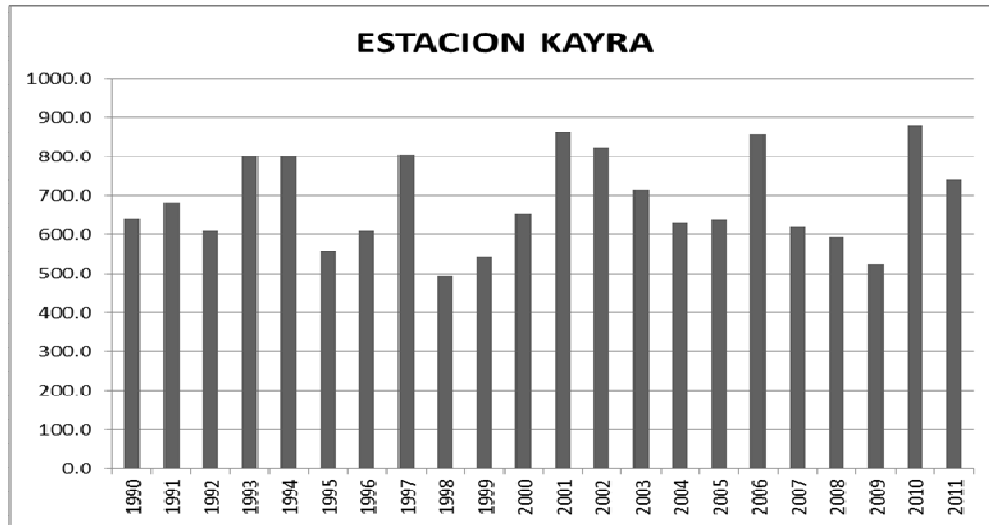
Cuadro N° 3.2. Registro de Precipitación de los Últimos 21 Años

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5	641.1
1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0	682.4
1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0	609.3
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5	799.9
1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9	798.4
1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6	560.0
1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2	610.2
1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4	805.3
1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9	493.9
1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5	543.1
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0	652.0
2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4	864.1
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4	822.1
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	713.7
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9	632.0
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5	638.9
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	856.3
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0	49.4	72.4	88.4	621.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9	592.4
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9	525.5
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7	881.1
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	37.4	60.2	110.2	739.7

Fuente: Estación Meteorológica Perayoc, UNSAAC, 2011.



Gráfico N° 3.2. Registro de Precipitación de los Últimos 21 Años



Fuente: Estación Meteorológica Perayoc, UNSAAC, 2011.

### 3.4 VEGETACIÓN

Los Ecosistemas andinos se caracterizan por la presencia de formaciones boscosas de Q'euña, Chachacomo, Molle y otras especies nativas. Actualmente están sufriendo un proceso acelerado de degradación por la pérdida de cobertura vegetal a consecuencia del crecimiento demográfico originando la destrucción de bosques con el fin de ampliar las zonas de cultivo, pastizales y área urbanas.

En las zonas evaluadas se observó la presencia de especies endémicas para la flora peruana. La presencia de relictos forestales que brindan servicios ambientales a la ciudad del Cusco. Se han registrado entre otras a las especies, *Polylepis incana* Kunth, conocida como Qeuña; como la más representativa, *Escallonia resinosa*, denominada comúnmente chachacomo; la presencia de *Eucalyptus globulus* Labill., conocida como eucalipto. La distribución de porcentaje en relación a las familias más representativas de flora, se puede apreciar que el mayor porcentaje corresponde a la Familia Asteraceae. Sin embargo, dichas zonas actualmente se encuentra muy impactadas pudiéndose observar en ellas

zonas totalmente erosionadas, una alta tasa de deforestación de especies nativas, zonas forestadas con especies exóticas (Eucalipto y Pino) como parte de campañas y programas de forestación que han traído consecuencias negativas para la conservación del Valle del Cusco, especialmente para la flora nativa que está siendo desplazada.

De acuerdo al mapa de cobertura vegetal para el distrito de San Jerónimo se tiene registrado 26 tipos (Ver Mapa de Cobertura Vegetal).

### **3.5 ZONAS DE VIDA<sup>1</sup>**

#### **3.5.1 Bosque Seco Montano Bajo Subtropical (bs-MBS):**

Ocupa el piso del Valle del Huatanay así como de los valles secundarios donde el relieve es plano o de poca pendiente en el fondo de éstos, propio de las terrazas e inclinado en las laderas que encierran estos valles. Su altura varía entre 2950 y 3200 msnm. La biotemperatura media anual máxima es de 18 °C, en tanto que la media anual mínima es de 11.7°C. El Promedio máximo de precipitación total al año es de 1124.7 mm y el promedio mínimo es de 216.1 mm. Esta zona de vida de acuerdo al Diagrama de Holdridge, tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año, variable entre 1 y 2 veces al valor de la precipitación, que la ubica en la provincia de humedad: Subárida.

#### **3.5.2 Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS)**

Morfológicamente ocupa las laderas del Valle del Huatanay en ambas márgenes, con relieve moderadamente llano, y parte de las laderas altas, que presentan relieves predominantemente empinados. Se presenta en la región de Angostura. Altitudinalmente varía entre los 2800 y 3800 msnm y a veces llega hasta los 4000 msnm. La biotemperatura media anual máxima es de 12.9°C y la mínima es de 6.5°C. El promedio máximo de precipitación total al año es de 1119 mm<sup>3</sup> y la mínima es de 410 mm<sup>3</sup>. Esta zona de vida está ubicada en la provincia de humedad: Húmeda.

---

<sup>1</sup> Tomado del Estudio de Impacto Ambiental, elaborado por Kausay Perú. Mapa Ecológico del Cusco" elaborado por el IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente) - Gobierno Regional Cusco, 2005.

### 3.5.3 Páramo muy Húmedo Subalpino Subtropical (pmh-SaS)

Ocupa las partes altas de la cuenca y corresponde a las zonas montañosas y altiplanicies, con relieves abruptos y ondulados respectivamente, que varían entre 3900 y 4500 msnm. En la margen izquierda del valle esta unidad está representada por el Pachatusan mientras en la margen derecha está representado por los cerros más altos de las Serranias de Vilcaconga. La biotemperatura media anual máxima es de 6.9°C y la mínima es de 4.6°C.

### 3.6 HIDROGRAFÍA

El distrito de San Jerónimo cuenta con un colector principal que vendría a ser el río Huatanay con orientación de Oeste a Este, a él desembocan los siguientes tributarios con dirección Norte a Sur: Thuniyoc Huayco, Arcopunco, Lloqllapata, Puccacatta, Jatun Huayco, Unucñahun, Huacotomayo, Asnocanchahuayco y Llampauayco; mientras que los tributarios de Sur a Norte son: Pillao Matao, Pumayoc Huayco, Huaynacalle, Tejas y Ladrillos, Huachayoq, Padrechayoc Huayco, Acoyoqhuayco, Apurante, Tankarpunco, Kayra, Mayu K'uchi, Tambillo y Pumacchupa. Estos ríos erosionan el territorio formando un drenaje dendrítico o arborescente caracterizado por tener un diseño parecido a las ramas o raíces de un árbol, característico de terrenos arcillosos o rocas estratificadas de textura fina.

Los principales aportes hídricos lo hacen los ríos Huacotomayo, Kayra y Pillao Matao, cuyas microcuencas ocupan gran parte del distrito.



## **CAPITULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA**

#### **4.1.- GEOMORFOLOGIA**

La característica en la evolución morfológica del territorio peruano se manifiesta por un relieve inmaduro desarrollado entre el mar, la región cordillerana y la región Su-Andina oriental con características climáticas particulares a cada región, y, la ubicación geográfica del territorio peruano en la zona de convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica, causantes de la actividad sísmica y volcánica.

Para el caso que nos ocupa, como corresponde a todo estudio geológico-geodinámico, primero debemos ubicar la zona dentro del contexto geomorfológico regional, para ver en qué unidad se encuentra la zona de estudio. Como es de verse en la interpretación de los planos regionales, la zona de altas cumbres (4 000 m.s.n.m.), el tipo de roca, los sistemas estructurales, aunado a la presencia de agua superficial y sub superficial, juegan un papel importante y determinan el modelado del relieve de la zona de estudio.

##### **4.1.1 Geomorfología Regional**

En base a criterios morfológicos, litológicos y estructurales, la zona de estudio presenta las siguientes unidades geomorfológicas regionales (ver Mapa Geomorfológico Regional).

###### **4.1.1.1 Cordillera Oriental**

La Cordillera Oriental ocupa la parte noreste de la zona de estudio. Presenta relieves relativamente ondulados con alturas que varían entre 4000 y 4500 msnm., donde las laderas que forman el flanco norte del río Vilcanota son accidentadas ya que esta última se halla entre 3300 y 3150 m de altitud. En esta ladera destaca la presencia de quebradas transversales de dirección NE-SO con relieves igualmente accidentados.

Las alturas de los relieves son muy variables, así, en el límite con el Altiplano son relativamente bajas y pueden alcanzar en promedio 3200 msnm, en cambio cuando limita con la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, el relieve es muy empinado. Las partes más elevadas alcanzan 4500 msnm, destacando los cerros de Quimsa Cruz (4238 msnm) al norte y de Acopia Grande (4491 msnm) al sur.

La Cordillera Oriental expone esencialmente una litología de pizarras de la Formación Ananea (Siluro-Devónico) y escasamente de cuarcitas y diamictitas de la Formación Ccatcca (Devónico terminal) cuyos espesores superan los 2000 m. Igualmente aparecen algunos cuerpos intrusivos que señalan sistemas de fallas importantes. La tectónica se manifiesta por fallas inversas y cabalgamientos NO-SE convergencia SO, asociados a pliegues que hacen repetir las formaciones del Siluro-Devónico. La Cordillera Oriental está bordeada al sur por fallas NO-SE que la separan del Altiplano. Estas fallas son de Pitucancho y principalmente la de Urcos, que se muestran actualmente como inversas convergencia SO. Al norte se encuentra el sistema de fallas Churo. Estos sistemas, junto con el sistema Ccatcca-Ocongate, son los controles estructurales de la Cordillera Oriental.

#### **4.1.1.2 Valle De Vilcanota - Urubamba**

Considerado como un valle interandino que tiene una dirección preferencial NOO-SEE. El valle en la zona de estudio se halla a una altitud de 3 000 a 2750 m.s.n.m.

Delimita la cordillera oriental con la occidental, corre en forma paralela a estas. Está dividido en dos segmentos:

**El primer segmento**, que va desde San Salvador hasta Pachar, que constituye el límite entre las altiplanicies y la cordillera oriental, presenta una dirección preferencial SE-NO, con altitudes promedio de 3 000 metros, presenta terrazas amplias (margen izquierda) como las de Písac, Lamay, Huarán, Guayllabamba, Yucay. Es un valle ancho, en algunos sectores sobrepasa los 1 000 metros, mostrando una evolución madura.

Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas, en los bordes se muestran importantes conos aluviales como los de Calca, Urubamba, Pumahuanca, Huayllabamba.

**El segundo segmento.-** Va de Pachar a Machupicchu. A partir de la localidad de Chilca hasta Santa Teresa, se desarrolla el cañón de Urubamba, el río atraviesa por rocas muy resistentes de la formación Ollantaytambo y el batolito de Machupicchu, aquí las paredes del valle son muy empinadas.

#### **4.1.1.3 Montañas**

Se caracterizan por tener relieves abruptos e imponentes en las cumbres de los límites de la cuenca. Al norte están las Montañas de Pachatusan y las Montañas del Cusco, mientras que al sur se encuentran las Serranías de Vilcaconga.

**Las Montañas de Pachatusan.-** Se encuentran al norte de la meseta de Huaccoto. Es una zona prominente que domina el paisaje. Tiene elevaciones que alcanzan 4800 msnm, con relieves abruptos donde la pendiente varía entre 40 y más de 50 %. Predominan las rocas volcánicas del Grupo Mitu, sin embargo, en algunos sectores se aprecian pastizales naturales y vegetación rala.

**Montañas del Cusco.-** se encuentra al norte de las mesetas de Sacsaywaman y Tambillo, y está separada de ellas por la falla Tambomachay. Alcanzan altitudes que van desde 3450 hasta 4400 msnm, resaltando el Huaynapicol y el Sencca, donde las pendientes son mayores al 50 %. Están constituidas por rocas sedimentarias del Grupo San Jerónimo.

**Serranías de Vilcaconga.-** Se caracteriza por ser una zona de relieves prominentes, con elevaciones que alcanzan 4300 msnm y sigue por la margen derecha de todo el valle del Huatanay. La pendiente varía entre 25 y 50 %, presentando cerros y lomas cortados por quebradas y pequeños valles como el del río Kayra. La geología está determinada por la presencia de areniscas del Grupo San Jerónimo, que son las rocas más



importantes desde el punto de vista hidrogeológico, ya que constituyen los mejores acuíferos de la región.

#### **4.1.1.4 Mesetas**

Son superficies caracterizadas por una topografía relativamente plana, cortada por quebradas que le dan un aspecto de lomadas disectadas. En general, la pendiente varía entre 4 y 25 %. Las principales mesetas son:

**La Meseta de Saqsaywaman.-** Se encuentra al norte de las Laderas Norte y al sur de las Montañas del Cusco, entre 3600 y 3750 msnm, donde se localiza el parque arqueológico del mismo nombre. Presenta afloramientos de rocas del Grupo Yuncaypata, donde sobresalen las calizas, las areniscas, las lutitas y los lentes de yeso.

**La Meseta de Tambillo:** localizada al norte de las Laderas Norte, en el sector de San Sebastián, entre 3,500 y 3,650 msnm. Está conformada por afloramientos de calizas, areniscas, lutitas y conglomerados del Grupo Yuncaypata y la Formación Pumamarca.

**Las mesetas de Oropesa y Pikillaqta.** Se hallan en la parte baja y cercana al piso de valle, a una altura promedio entre 3100 y 3250 msnm para Oropesa y 3200 a 3250 msnm para Pikillaqta. Su relieve relativamente plano tiene pendientes hasta de 10 %. La Meseta de Oropesa es en realidad la parte superior del cuerpo volcánico cuaternario, del mismo nombre, donde resalta la presencia de centros arqueológicos como Choquepujio.

**La Meseta de Huaccoto:** constituye una altiplanicie situada entre 4000 y 4350 msnm. Separa la empinada Ladera Norte de las Montañas de Pachatusan. Destaca por la presencia de dos cuerpos volcánicos cuaternarios: Huaccoto y Huancachahuana Si bien es una altiplanicie, por estar recortada por algunas quebradas, desarrolla relieves moderados con pendientes que varían entre 4 y 25 %. Se caracteriza por la presencia de riachuelos, pequeñas lagunas y humedales.

**La Meseta de Ccorccorpata.-** Está localizada al este de las Montañas de Pachatusan, entre 3900 y 4200 msnm. Tiene un relieve moderado con

pendientes que varían de 15 a 25 %. Presenta pastizales naturales y humedales. Se caracteriza por la presencia de rocas volcánicas y sedimentarias del Grupo Mitu que muestra cierta estabilidad a deslizamientos.

**Las Mesetas Sur,** se localizan entre la Ladera empinada sur y las Serranías de Vilcacongá, y a altitudes que varían entre 3800 y 4200 msnm. Tienen relieves alomados de laderas suaves con pendientes que varían entre 4 y 15 %, desarrolladas sobre areniscas y lutitas del Grupo San Jerónimo. Su vegetación se caracteriza por pastizales naturales. Son zonas estables frente a los problemas de geodinámica externa.

#### **4.1.1.5 La Depresión del Cusco.**

La ciudad de Cusco y las poblaciones de los distritos de Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo, Saylla, Oropesa y Lucre, son los principales centros urbanos que se ubican en la cuenca del río Huatanay, dentro del cuadrángulo de Cusco, mientras que los poblados de Poroy y Ccorca se encuentran en cuencas adyacentes y en los cuadrángulos de Urubamba y Tambobamba, respectivamente.

La Depresión de Cusco-Huacarpay es alargada, longitud de 30 km y altura que va de 3400 a 3150 msnm corresponde a un valle de dirección NO-SE, localizado entre el Altiplano y la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental. El valle de Cusco tiene una serie de micro cuencas que drenan sus aguas al río Huatanay: en la margen izquierda están las de Saphy, Cachimayo, Tenerías, Huaccoto, Huasao, Choquepata y Oropesa, y en la margen derecha las de Tancarpata, Huilcarpay, Pillao Matao, Kayra, Saylla y Lucre.

Por ser un valle interandino alto, su clima es frío y con altas precipitaciones entre los meses de octubre a marzo. La temperatura promedio es de 11.6 °C y la humedad oscila entre 40 y 75%. El régimen de lluvias es estacional, varía de 500 mm a 1200 mm en épocas de lluvias.

El río Huatanay es parte de la cuenca del mismo nombre, que en realidad es un valle de dirección NO-SE, situado entre el Altiplano y la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, dentro de los Andes del Sur del Perú. La cuenca presenta diferentes unidades morfológicas locales, que pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos: piso de valle, laderas, montañas y mesetas. Además están los conos aluviales que se ubican entre el piso de valle y las laderas.

#### **4.1.1.6 Altiplano**

Se ubica al sur y sur este de la zona de estudio, gran parte del cuadrángulo de Cusco se localiza en la prolongación noroeste del Altiplano y corresponde a la terminación occidental de esta unidad que viene desde Bolivia. Limita al sur con el borde NE de la Cordillera Occidental y al norte con la Cordillera Oriental mediante la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota. En el Altiplano afloran rocas mesozoicas de poco espesor por comparación a sus equivalentes de la Cordillera Occidental, sin embargo, las capas rojas continentales del Terciario son muy potentes, como el Grupo San Jerónimo (> 5000 m) que además muestra la superficie más amplia de afloramientos.

En el aspecto morfológico se caracteriza por ser una altiplanicie con altitudes que varían entre 3800 y 4000 msnm, aunque localmente algunas montañas pueden sobrepasar los 4400 msnm. Esta unidad está disectada por numerosos ríos y por la acción glaciaria, que le dan una configuración muy agreste, a pesar de ser parte del Altiplano.

En el Altiplano de Cusco, se han distinguido las siguientes unidades locales: Serranías de Vilcaconga, Montañas Chinchay- Ichuloma , Montañas de Seratichin Orcco-Pumahuasi. Meseta de Huacocha, Planicie de Pomacanchi (V. Carlotto, J.Cárdenas, G. Carlier; boletín 138, Carta Geológica Nacional).

#### **4.1.1.7 Borde NE de la Cordillera Occidental**

Está localizado al S y SE de la zona de estudio. Corresponde a una zona con relieves relativamente planos cuyas altitudes alcanzan 4000 msnm, con cumbres entre 4200 y 4300 msnm. Sin embargo, la incisión de los ríos Velille y Apurímac le da a esta unidad una topografía accidentada. Destacan las montañas de Quepuro-Tauca Orcco de dirección NNO-SSE, Montañas de Sihuina Cangal-Tahui, y las de Inticahuarina- Quintir, entre otras, que superan los 4000 msnm. Todas estas montañas se han desarrollado sobre conglomerados de la Formación Anta del Eoceno superior-Oligoceno inferior.

El límite con el Altiplano es bastante irregular ya que corresponde a cambios de dominios paleogeográficos, controlados por fallas regionales importantes como las de dirección NO-SE Cusibamba- Acomayo y NNO-SSE Huanoquite-Accha. Estas fallas son parte del sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo y controlan los principales sistemas de drenajes, por donde discurren los ríos Velille o parte del Apurímac. Desde el punto de vista paleogeográfico corresponde al borde NE de la cuenca occidental mesozoica sur peruana. Aquí afloran areniscas cuarzosas de la Formación Soraya (V. Carlotto, J.Cárdenas, G. Carlier; boletín 138, Carta Geológica Nacional)

**EL DISTRITO DE SAN JERONIMO SE UBICA ENTRE LAS UNIDADES GEOMORFOOGICA DENOMINADAS: MONTAÑAS DEL PACHATUSAN, MESETA DE HUACOTO, MONTAÑAS DEL CUSCO, DEPRESION DEL CUSCO-HUACARPAY Y SERRANIAS DE VILCACONGA**

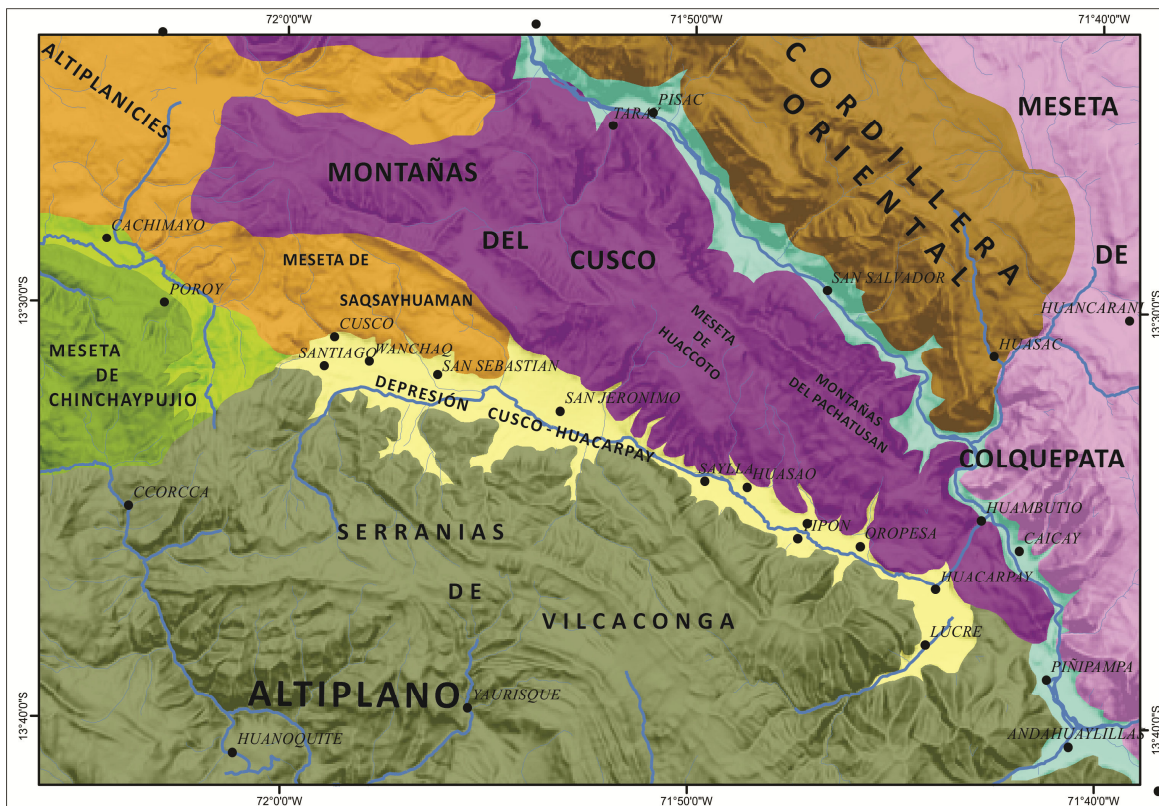


Figura 4.1. Mapa Geomorfológico Regional

## 4.1.2 Geomorfología Local

### 4.1.2.1 Altiplanicies disectadas.

Son superficies caracterizadas por una topografía ligeramente llana con pendientes entre 7 a 25 %, diseccionada y ubicadas entre los 3 800 y 4 800 m.s.n.m. Su origen es variado, algunas originados a partir de superficies rocosas duras de estructura tabular, donde la erosión fluvial a diseccionado diversas estructuras de suelo y de roca. La mayor parte de estas superficies han sido afectadas por glaciaciones cuaternarias, que dejaron sobre ella un tapiz morrénico discontinuo; algunas no han sido cubiertas por los hielos y solo presentan cubiertas aluviales y lacustres; otras exponen abundante afloramiento llano del substrato rocoso, entre estos podemos mencionar en los entornos de Callpahuayco, Piñahuaylla, al norte de San Jerónimo y Patahuaylla al sur este de San Jerónimo (Ver Mapa Geomorfológico Local).

#### **4.1.2.2 Altiplanicies onduladas.**

Unidades que se encuentran en forma dispersa en todo el entorno de la región alto andina. Constituyen sectores de pene planicies de erosión y deposición con pendientes predominantes de 7 y 12%, que se ubican en la parte alta, generalmente sobre los 3 800 y los 4 500 m.s.n.m. Sus estructuras son debidas a la presencia de bancos o capas de rocas duras de estructuras horizontales o sub-horizontales, que han subsistido como relieves estructurales protegiendo capas de rocas subyacentes, como por ejemplo, rocas de la formación Pachatusan o en ciertos casos en suelos morrénicos bien cohesionados que también dan las formas onduladas. Antiguamente, estas geoformas estaban sometidas a acciones de abrasamiento por efecto de los hielos, que en las partes más bajas modelaron los actuales valles glaciares de perfil irregular (Ver Mapa Geomorfológico Local).

#### **4.1.2.3 Fondo de Valle Aluvial Montañoso.**

Son formas de suelos de reciente formación (cuaternario), caracterizadas por tener una pendiente moderada a fuertemente inclinadas (3-25 %), ubicados por encima de los 3300. Su origen está ligado en todos los casos a los cursos fluviales que han modelado diversos terrenos; no obstante, alguna de ellos ha sido modelado durante algunos períodos por el avance de masas de hielo de las fases glaciares cuaternarias. Esta geoforma la encontramos a lo largo de la cuenca de Huatanay y en las micro cuencas de la Rinconada, Kayra, Huayllapampa (Ver Mapa Geomorfológico Local).

#### **4.1.2.4.- Vertientes de Montaña Allanada.-**

Son estructuras fisiográficas moderadamente empinadas de altitudes que superan los 300 metros de la base del río a la cima., Estas unidades se encuentran distribuidas más frecuentemente en los extremos de la zona de estudio, ya que su pendiente y altura es básicamente de zonas de erosión bien avanzada. La configuración litológica de esta unidad

geomorfológica está compuesta por rocas sedimentarias de terciario. Conformadas por los conos aluviales de Larapa, Huayllapampa, Carmen, al norte de San Jerónimo; Parte alta de la granja Kayra, Cabracancha, Pumahuanca, Pumahuanca, Soncco Chico, Soncco Grande, etc. (Ver Mapa Geomorfológico Local).

#### **4.1.2.5.- Vertientes de Montaña Disectada.**

Son formas de relieve de gran magnitud, de pendientes muy empinadas y de origen glacio-estructural típicos de relieves cordilleranos y montañosos, que configuran una topografía muy accidentada, con vertientes superiores a 50% y más de 1000 m de altura entre la cima y el nivel de base. Estas formas de tierra se formaron esencialmente durante la fase de incisión fluvial correlativa al levantamiento andino plio-pleistocénico, cuando las corrientes se encajaron en volúmenes rocosos compactos, determinando el modelado agreste y muchas veces encañonado. En cuanto a la erosión actual es claramente ostensible y está ligada a la acción natural de la topografía accidentada, conformada en su mayoría por derrubios de esquisto y pizarras y antiguos deslizamientos (Ver Mapa Geomorfológico Local).

#### **4.1.2.6.- Vertientes de Montaña Empinada.**

Estas formas de tierra poseen una topografía accidentada, con pendientes predominantes de 25 a 50%, se distribuyen de manera considerable y dispersa al norte y al sur de la zona de estudio (ver plano geomorfológico Local). Están conformadas también por vertientes montañosas de más de 1000 m de altura entre la cima y el nivel de base. Se encuentran en sectores donde la excavación cuaternaria de los glaciares y los movimientos tectónicos afectaron principalmente a volúmenes rocosos poco resistentes, permitiendo el desarrollo de vertientes empinadas en dirección estructural. En parte están constituidas por afloramientos de rocas sedimentarias de la formación Kayra. También la erosión actual está ligada a condiciones naturales accidentadas.



Los conos aluviales existentes en la zona de estudio, Son formas que resultan de la edificación de los aluviones cuando estos desembocan en los valles principales en forma de huaycos. La mayor parte de los conos del Huatanay han sido originados en periodos lluviosos, estando todavía activos algunos de ellos, como los de Saylla, Oropesa, San Jerónimo o Choquepata, los cuales continúan afectando en ciertos sectores, o representan peligro para las poblaciones. Estos conos están compuestos por fragmentos y bloques semiangulosos, en una matriz arcillosa. La pendiente de estos terrenos fluctúa entre 4 y 15 %. Sin embargo, desde el punto de vista de la agricultura, los suelos desarrollados en los conos son de alta productividad.

#### **4.2.- ESTRATIGRAFÍA.**

De acuerdo a las observaciones y estudios de campo realizadas por el suscrito, la cartografía geológica elaborada y publicada por el INGEMMET en el boletín No. 138 “Geología del cuadrángulo de Cusco la escala 1:50 000, se describe los grupos y/o formaciones geológicas a nivel regional y local del área circundante al distrito de San Jerónimo, motivo del presente estudio. Cabe indicar que toda la estratigrafía que se describe, está presente en la zona de estudio.

##### **4.2.1 Grupo Cabanillas. Devónico (paleozoico superior)**

Afora al noroeste del poblado de San Jerónimo (en el límite), donde se observa un afloramiento de pequeñas dimensiones (ver Mapa Geológico). Litológicamente está compuesto por lutitas grises, verdosas claras a grises, intercaladas con arcosas de grano fino a grueso y delgadas capas de areniscas cuarcíticas de color gris, en la parte superior. Infrayace en discordancia al grupo Copacabana. Se le asigna una edad Devónica.

Inicialmente, en la hoja de calca levantada en el año 1996, a este afloramiento, como los que se encuentran en el tramo calca-Amparaes, se le denomina Formación Paucartambo, en la versión revisada a escala 1:50 000, por el Ing. Agapito Sánchez en el año 2002.



Fotografía 4.1. Afloramientos de areniscas de la formación cabanillas, el noroeste de Huaccoto

#### 4.2.2. - Grupo Copacabana (Pérmico inferior)

El Grupo Copacabana (Newell et al, 1949) aflora ampliamente en el Anticlinal de Vilcanota y más específicamente cerca de la ciudad de Písaq al pie de carretera que va hacia Calca. Aflora también en la margen derecha e izquierda Taray donde forma el núcleo del Anticlinal de Vilcanota, igualmente, encontramos pequeños afloramientos al norte y noreste de Matinga. En la zona de estudio aflora al NE del Cerro Pícol.

El Grupo Copacabana está compuesto principalmente por calizas y lutitas de origen marino. Las calizas son de varios tipos, de grano fino, oolíticas o nodulosas, de color gris blanquecino a negro. Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas, braquiópodos, corales, etc.

Las lutitas son negras y carbonosas, conteniendo restos de plantas. Además entre Písaq y San Salvador (Morro Blanco) cerca a la base de los afloramientos, aparecen bancos de areniscas cuarzosas blancas con laminaciones oblicuas, posiblemente de medios litorales, intercaladas con lutitas y calizas fosilíferas.

En el Anticlinal de Vilcanota, se tiene un espesor de 600 a 700 metros para este grupo. Se le asigna una edad Pérmico inferior. Desde el punto de vista mecánico las calizas son rocas estables, sin embargo, las lutitas pueden desarrollar deslizamientos.

#### **4.2.3.- Grupo Mitu (Permo-Triásico)**

En el Grupo Mitu se diferencian dos unidades litoestratigráficas, denominadas formaciones Pisaq y Pachatusan (Candia&Carlotto, 1985; Carlotto et al, 1988). De estas dos formaciones, aflora la formación Pachatusan.

##### **4.2.3.1. Formación Pisac**

La Formación Pisac (Gabelman&Jordan, 1964), aflora en al Anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana (mirador de Taray), por intermedio, o no, de un nivel volcánico, **no aflora en la zona de estudio**. Posteriormente se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales

##### **4.2.3.2.- Formación Pachatusan**

La Formación Pachatusan (Gregory, 1916) está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Las rocas volcánicas, y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos. Los afloramientos de rocas volcánicas de esta formación, se observan ampliamente en la zona de Huancalle hasta Taray, en ambos márgenes de la quebrada Quesermayo, en la zona de estudio aflora al nor este de la meseta de Huaccoto. Las rocas están intemperizadas, fracturadas, formando relieves muy abruptos, son fuente de formación de depósitos coluviales, dan origen a desprendimiento de rocas.



Fotografía 4.2. Formación Pachatusan

#### **4.2.4.- Formación Huancané (Cretácico inferior)**

La Formación Huancané (Newell, 1949) reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu. Está compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco de origen fluvial (Carlotto, 1992). La edad asignada indica el Cretácico inferior. Sus afloramientos constituyen un nivel guía en el cartografiado tanto por el color, así como formar acantilados. El espesor es pequeño y varía entre 30 y 150 metros.

Las areniscas cuarzosas, por ser bastante porosas y permeables, la hacen muy buenos acuíferos. Pueden ser utilizados como materiales de construcción. Un interés económico puede ser la explotación de los granos de cuarzo que son muy redondeados y homogéneos. La encontramos al este de Huaccoto.

#### **4.2.5.- Grupo Yuncaypata (Cretácico superior)**

Anteriormente definido como Formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), esta unidad no presenta una columna completa, debido a que comporta varios niveles de despegue. Desde el punto de vista mecánico las rocas de este grupo son inestables, muy especialmente los yesos. Está

constituido por las siguientes formaciones: Paucarbamba, Ayavacas, Maras y Puquín

#### **4.2.5.1 Formación Paucarbamba**

La Formación Paucarbamba (sedimentación marina poco profunda arenopelítica) reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza. Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, de plataforma litoral. El espesor puede variar desde los 50 metros, hasta los 300 metros. Las rocas de esta formación, las encontramos al este de Huaccoto. Es un material inestable, da origen a flujos de barro en los lugares donde aflora

#### **4.2.5.2 Formación Puquín.**

Sobreyace a la formación Ayavacas. Aflora al noroeste y sureste de la zona de estudio, zona de Huaccoto. Está constituida por lutitas rojas, yesos laminados, nodulosos y por brechas con elementos pelíticos. Por estar conformada por rocas finas y por la presencia de yesos, esta formación es fácilmente erosionable y alterable químicamente, por lo que da lugar a fenómenos de movimientos de masas de suelos y rocas. Se le correlaciona con la formación Vilquechico.

#### **4.2.6 Formación Quilque Chilca (Terciario Inferior-Medio)**

Ambas formaciones afloran en los mismos lugares, se encuentran al noroeste de la zona de estudio (alrededores de Huaccoto) y en la zona de Matinga (pista Cusco-Pisac), la formación **Quilque** está formada por lutitas, areniscas y conglomerados de color rojo, estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas. La evolución vertical indica que las facies pelíticas lacustres y llanuras de inundación, pasan gradualmente a las facies areno-conglomerádicas de un sistema fluvial.

La formación **Chilca**, está constituida por lutitas rojas con láminas de yeso, margas y areniscas calcáreas de medios lacustres. Ambas formaciones tienen el mismo contenido fosilífero. Aflora en la zona de Huaccoto. Se le correlaciona con la formación Ausangate.

#### **4.2.7.- Grupo San Jerónimo**

Es una gruesa serie roja de origen continental. Aflora al norte y noreste de la población de San Jerónimo, lo mismo que al sur y sureste de la misma. Está constituido por dos formaciones: Kayra, Soncco, conformado por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas y algunos bancos de conglomerados, todos de origen fluvial. En esta zona sólo aflora las formaciones Kayra y Soncco

Una potente serie roja de origen continental de más de 6000 m de espesor conocida como Grupo San Jerónimo (Córdova, 1986), aflora ampliamente en la región de Cusco y Sicuani. El Grupo San Jerónimo originalmente ha sido dividido en tres formaciones (Córdova, 1986): Kayra (3000 m), Soncco (1600 m) y Punacancha (1700 m). Actualmente solo las formaciones Kayra y Soncco se han redefinido como parte del Grupo San Jerónimo (Carlotto et al., 1997b; Carlotto, 1998-2002; Carlotto et al., 2005) que sobreyace en discordancia erosional a las formaciones Quilque y Chilca (Foto 23). Las formaciones Kayra y Soncco forman un conjunto que está principalmente constituido por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas y algunos bancos de conglomerados, todos de origen fluvial y de edad eocena inferior-oligocena inferior (Carlotto, 1998, 2002, 2006a).

##### **4.2.7.1 Formación Kayra: Eoceno inferior** (Córdova, 1986; Carlotto, 1998)

La Formación Kayra (Córdova, 1986) aflora ampliamente al sur de la ciudad del Cusco, donde forma parte del sinclinal de Anahuarqui y anticlinal de Puquín, al oeste. Igualmente lo hace en el sinclinal de Ancaschaca, en Yaurisque-Paruro, en el sinclinal de San Lorenzo y en el sector de Cusibamba-Sanka.

Está esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló 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. Hacia el sur las facies se hacen más gruesas y aparecen los conglomerados. La formación acaba con facies areno-pelíticas de llanura de inundación y canales divagantes. Las paleocorrientes indican que los aportes proceden del sur y suroeste. El espesor de esta unidad varía entre 2000 y 3000 m

Estudios anteriores habían considerado a las Capas Rojas del Grupo San Jerónimo como de edad cretácica superior-terciaria (Marocco, 1978; Córdova, 1986). Estudios recientes (Carlotto et al., 1995a; Carlotto, 1998, 2002, 2006a) han mostrado que el Grupo San Jerónimo reposa sobre secuencias datadas paleontológicamente como del Paleoceno-Eoceno inferior? (Formación Chilca). Nuevas edades trazas de fisión FT en apatitos de la base de la Formación Kayra indican una edad de  $52.6 \pm 8.7$  Ma (Eoceno basal) hasta 43 a 42 Ma. En consecuencia, la edad de la Formación Kayra es Kayra es eocena inferior.



Fotografía 4.3. Rocas de la formación Kayra en la quebrada Huaccotomayo



#### 4.2.7.2. Formación Soncco: Eoceno superior-Oligoceno inferior (Córdova, 1986; Carlotto, 1998).

La Formación Soncco (Córdova, 1986) sobreyace concordantemente o en discordancia progresiva a la Formación Kayra, como se aprecia en Ancaschaca. Aflora en los mismos lugares donde lo hace la Formación Kayra y además al oeste de Yaurisque.

La Formación Soncco se divide en dos miembros: el Miembro I o inferior (200-300 m) está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas (con mineralización de cobre). El Miembro II o superior (1000- 2000 m) está compuesto por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazado de procedencia S y SO. En efecto, al sur se puede apreciar conglomerados con clastos más grandes, como en Cusibamba. En la zona de estudio aflora entre los cerros Huanacauri y Patococha (sureste del poblado de San Jerónimo).



Fotografía 4.4. Afloramiento rocoso de la formación Soncco, cerca al poblado del mismo nombre

#### **4.2.8 Formación Punacancha: Oligoceno superior-Mioceno inferior**

(Córdova, 1986; Chávez et al., 1994; Carlotto et al., 1997b)

La Formación Punacancha (Córdova, 1986; Chávez et al., 1994, Carlotto et al., 1997b) reposa en concordancia o en ligera discordancia angular sobre la Formación Soncco (Foto 29). Aflora al SE de la ciudad del Cusco, donde forma el sinclinorio del mismo nombre entre Punacancha y el norte de Acomayo (cuenca Punacancha), limitado al sur por la falla Anyarate-San Juan de Quihuare. La formación está recubierta en discordancia angular por la Formación Paruro (Mioceno superior).

Está conformado por lutitas y limolitas rojas de llanura de inundación y microconglomerados fluviales. En la parte media de este conjunto se observa un nivel de toba volcánica de 1 a 3 m de espesor que ha sido datada en apatitos por FT en  $24.6 \pm 2.1$  Ma (este trabajo, El Miembro II (> 700 m) descansa en discontinuidad o clara discordancia erosional sobre el miembro anterior. Muestra una secuencia grano estrato creciente de areniscas y conglomerados fluviales con clastos que pueden pasar los 0.50 m. La composición de los clastos es mayormente volcánica, habiendo también de cuarcitas, calizas, areniscas y escasamente yesos. El Miembro III (> 500 m), sobreyace en discordancia progresiva. Aflora al sureste del Cerro Huanacauri.

#### **4.2.9 Depósitos Cuaternarios**

##### **4.2.9.1 Formación Rumicolca : Plio-Cuaternario** (Mendivil y Dávila, 1994

Un pequeño cuerpo volcánico de dirección Norte-Sur, afloran al oeste de Taray, otro al sur oeste de Huancalle (cerro Rajchi), encontramos también otros cuerpos; uno en el extremo nor este de la zona de estudio (Huacoto).

Este volcanismo está caracterizado por coladas de lavas de dimensiones pequeñas y raros conos de escorias. Estos cuerpos volcánicos han sido descritos como andesitas, siendo su litología muy similar de un afloramiento a otro. Sin embargo, por la geoquímica han sido clasificadas

como shoshonitas. Son consideradas de edad Plio-Cuaternaria en base a criterios estratigráficos y dataciones radiométricas. Estas rocas tienen buenas condiciones ingenieriles para ser utilizadas. Las encontramos en el cerro Racchi, donde por estar diaclasadas dan origen a caída de grandes bloques, que al llegar a la cuenca, forman gran cantidad de material suelto disponible para ser acarreado.

Existen algunas dataciones de estos cuerpos shoshoníticos, por ejemplo el cuerpo de Racchi (Huancarani) está datado por K/Ar, roca total, en  $0.17 \pm 0.15$  Ma (Carlotto, 2002), el de Huambutío en  $0.59 \pm 0.25$  Ma (Bonhomme et al., 1985) y el de Rumicolca en 0.70 Ma (Kaneoka y Guevara, 1984). Adicionalmente, el volcán Rumicolca produjo el cierre de la Depresión de Cusco y formó el lago Morkill y los sedimentos de la Formación San Sebastián, datado del Pleistoceno, lo que concuerda con las dataciones radiométricas. En conclusión, las rocas volcánicas shoshoníticas son de edad pliocuaternaria.



Fotografía 4.4. Canteras de volcánicos de la formación Rumicolca (Huaccoto) nótese el grado de fracturamiento

#### **4.2.9-2.- Formación San Sebastián: Pleistoceno (Gregory, 1916)**

La Formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916) en la Depresión de Cusco, donde sobreyace al basamento Cretácico y Terciario, así como a la Formación Chinchero . Esta unidad también se presenta en la depresión de Ccatcca, así como en Ayusbamba (Cuadrante III). Por razones de escala incluye los conglomerados de conos aluviales (50 a 70 m) del Plioceno de la Formación Chincheros de las cuencas de Cusco y Ccatcca.

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 o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda, grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca. Este cierre está expuesto por la presencia de estructuras compresivas sinsedimentarias (Cabrera, 1988). En la depresión de Ccatcca también se ha identificado a la Formación San Sebastián denominada Formación Ccatcca por Cabrera (1988). Se trata de sedimentos esencialmente fluvio-lacustres que tienen un espesor de 70 m. Las facies proximales están ubicadas en la parte noroccidental de la cuenca y se trata de secuencias torrenciales y ríos que evolucionan a secuencias fluvio-lacustres en la parte superior, y también lateralmente hacia el oriente donde aparecen las facies lacustres y palustres. La presencia de una gran variedad de fósiles vertebrados y de palinomorfos ha permitido datar esta formación como del Pleistoceno (Kalafatovich, 1955; Ramírez, 1958; De Muizon, en Cabrera, 1988).



Fotografía 4.5. Arenas y arcillas de la formación San Sebastian. Ladrilleras- San Jerónimo

#### **4.2.9.3.- Depósitos Coluviales.**

Son depósitos originados por la descomposición in situ de las rocas que se forman por gravedad, al pie de las laderas de pendientes fuertes de los cerros circundantes a la cuenca del río Quesermayo. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado de bloques, gravas en una matriz limo-arenosa. Dentro de estos depósitos, también se consideran los depósitos de deslizamientos, conos coluviales y flujo, alternados con los depósitos fluviales. Se observan a lo largo de la zona de estudio, debido al intenso fracturamiento, el tipo de roca, la gravedad y el agua de lluvia.

#### **4.2.9.4.- Depósitos Glaciaros.**

Los depósitos glaciares (morrenas), se ubican principalmente al pie de las montañas del pachatusan, donde aparecen en una mayor extensión y se hallan afectados por fallas activas. Se han cartografiado las morrenas de



mayores dimensiones, no así las pequeñas por razones de escala. Se trata de gravas y bloques de diferentes tamaños con matriz variable, con limos arenosos y arcillas.

#### **4.2.9.5.- Depósitos Fluviales.**

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de las sub cuencas. Generalmente son poco consolidados y tienen alta permeabilidad, están constituidos por bancos de arena, gravas y cantos rodados, formando una o varias terrazas. Sobre estos depósitos fluviales se ubican algunos asentamientos humanos, en algunos casos han sufrido hundimientos con el destrozamiento respectivo de viviendas.

#### **4.2.9.6.- Depósitos Aluviales**

Dentro de estos depósitos, hemos considerado los conos aluviales. Estos conos están adosados a la desembocadura de las quebradas adyacentes a las sub cuencas, donde están conformados por grandes bloques de rocas volcánicas, envueltos por una matriz areno-arcillosa. Su comportamiento mecánico es aceptable a bueno. Estos depósitos se reconocen también a lo largo de las quebradas, donde mayormente se emplazan asentamientos humanos y áreas agropecuarias.



Fotografía 4.5. Depósitos aluvio-columiales (canteras de Lastre)

### **4.3.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

En la región de Cusco y particularmente en el cuadrángulo de Cusco existen varias fallas activas que han sido estudiadas en detalle por Sebrier et al. (1982) y principalmente Cabrera (1988). Estas fallas han controlado la evolución tectónica y sedimentaria pliocuaternaria de la región y particularmente de las cuencas Cusco y Ccatcca. Las fallas activas se hallan en la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental y en el límite Altiplano-Cordillera Occidental.

#### **4.3.1 Geología Estructural Regional**

Las fallas activas de la región han sido divididas en dos sectores. El sistema de fallas Cusco y el sistema de fallas Vilcanota (Cabrera, 1988). Dentro del sistema Cusco se han reconocido las fallas de Tambomachay, Tamboray, Qoricocha, Pachatusan y Zurite, mientras que en el sistema Vilcanota están las fallas de Pomacanchis, Pampamarca y Languí. En el cuadrángulo vecino de Ocongate (28-t) el sistema de fallas activas se encuentra en la zona de Ausangate y Ccatca Ocongate que pasa al cuadrángulo de Cusco. En el cuadrángulo de Cusco las fallas activas de Cusco son Tambomachay, Pachatusan y Cusco, mientras que las fallas del Vilcanota son: Urcos y Pomacanchis (ver Mapa Estructural).

Por otro lado, la región de Cusco está caracterizada por una importante actividad sísmica cortical que está relacionada a los sistemas de fallas activas. Hasta hace algún tiempo se consideraba como activa una falla que había experimentado una o varias reactivaciones holocenas, es decir, en los últimos 10,000 años. Sin embargo, ahora se considera falla activa aquella que ha tenido juegos durante el Cuaternario, es decir desde hace 2.5 Ma, y que potencialmente se va a reactivar en el futuro.

#### **Falla Tambomachay**

Se ubica al norte de la Ciudad del Cusco y separa la Meseta de Saqsaywaman de las Montañas del Cusco, es decir pone en contacto las formaciones del Grupo Yuncaypata (Cretácico) con las del Grupo San



Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Esta falla NO-SE a ONO-ESE es un accidente antiguo que ha tenido muchos juegos, al menos desde el Mesozoico, y que en el Cenozoico ha tenido comportamientos con movimientos de rumbo e inverso (Carlotto, 1988). En efecto, la disposición actual de las rocas indica que se trata de una falla inversa. Sin embargo, esta falla tiene evidencias de un juego cuaternario antiguo de 400 m de desplazamiento caracterizado por las facetas triangulares.

El plano de falla tiene un buzamiento entre 60 y 70° al sur, y está cubierto parcialmente por detritos de pendiente de los conos de deyección (Cabrera, 1988). Reactivaciones recientes de la falla Tambomachay han creado escarpas menores orientadas hacia el sur en el pie de la escarpa principal (Sébrier et al. 1982, 1985; Cabrera, 1988). Estas escarpas menores se muestran a lo largo de 18 km, exhibiendo ligeramente un patrón arqueado discontinuo entre N80°E y N125°E. Tienen un desplazamiento promedio de 2m y un desplazamiento máximo de 4 m en su terminación más occidental, es decir a una altura de 4,100 m, en el cuadrángulo vecino de Urubamba (27-r). Las reactivaciones recientes han creado formas facetadas al pie de la escarpa, formando patrones en V que demuestran un claro movimiento normal reciente hacia el sur de la falla Tambomachay. Hacia el este, la falla activa desaparece bajo los conos aluviales de San Jerónimo, a una altura de 3400 msnm.



Fotografía 4.6 Falla Tambomachay. Fuente. C. Benavente – INGEMMET, 2012

### **Falla Pachatusan**

El sistema de fallas Pachatusan está conformado por escarpas con buzamientos al sur que se extienden al pie de la montañas del mismo nombre, entre 3900 y 4400 msnm. Estas escarpas han sido talladas en las rocas volcánicas del Grupo Mitu (Triásico-Jurásico) y desplazan depósitos glaciares de morrenas y flujos del Cuaternario tardío (Cabrera, 1988). Estas fallas tienen una longitud de 10 km y dirección entre N130° y N140° con buzamiento entre 50 y 70°S. El desplazamiento es de 10 m como máximo. Las escarpas tienen formas en U donde ellos cortan los valles glaciares demostrando claramente un movimiento normal muy reciente (Cabrera, 1988). También se han observado escarpas pequeñas discontinuas, con dirección NE-SO y E-O, estas tienen bloques hundidos al este y al sur.

Estos movimientos podrían estar parcialmente relacionados a efectos de deslizamientos entre la montaña, al norte, y el valle de Cusco, al sur. Sin embargo, la zona de la falla con orientación NE-SO no puede ser

interpretada como un gran corrimiento de tierra, sino más bien un sistema en echelón que se une a la falla Tambomachay. En efecto, algunas escarpas menores discontinuas se han formado cerca del cerro Huaynapicol, donde la escarpa principal atraviesa la terraza más joven de la quebrada Arcopunco al noroeste de San Jerónimo, y tiene 4 m de desplazamiento normal (Cabrera, 1988).



Fotografía 4.7 Falla Pachatusan. Al fondo el Pachatusan,

### **Falla Cusco**

Las fotografías aéreas y las imágenes satélites muestran un alineamiento NO-SE que coincide con el piso de valle del río Huatanay, desde Cusco y hasta Saylla-Oropesa. Desde el punto de vista geológico se interpreta como una falla antigua sellada con los sedimentos cuaternarios de la Formación San Sebastián. Esta falla separa en parte el Altiplano de la zona intermedia con la Cordillera Oriental. Actualmente esta estructura no muestra signos de reactivaciones recientes, sin embargo, durante el sismo del 21 de mayo de 1950 se observaron desplazamientos en terrenos recientes que afectaron la Formación San Sebastián. De acuerdo a lo que muestra la foto de Ericksen et al. (1954), las estructuras serían

una consecuencia de la reactivación de la falla Cusco (Carlotto et al., 1996).

El reporte del terremoto superficial citado (Ericksen et al., 1954; Silgado, 1978) menciona muchas fisuras de dirección NO-SE entre San Jerónimo y San Sebastián a lo largo de 5 km de distancia, donde un nivel fue levantado en el sector sur del valle del Cusco. El mapa de isosistas de este sismo muestra el epicentro en el valle, y las curvas isosistas alargadas coinciden con la estructura NO-SE de la falla Cusco. Por otro lado, observaciones de campo del doctor Carlos Kalafatovich (inédito), luego del sismo, indican fracturas discontinuas en el suelo; ellas fueron cartografiadas a lo largo de varios kilómetros entre San Sebastián y San Jerónimo. Esta observación es similar a lo manifestado líneas arriba, y se puede interpretar que correspondería a la reactivación de la falla Cusco. En consecuencia, la actividad de la falla Cusco demostraría la existencia de una fuente sismogénica dentro del valle del mismo nombre, lo cual aumentaría el riesgo sísmico de la ciudad del Cusco y también de las poblaciones del Bajo Huatanay.



Fotografía 4.8 Falla Cusco, al sur de San Jerónimo, en la Cordillera de Vilcaconga

### **Falla Urcos**

La falla Urcos se localiza entre Huambutío al NO y Urcos al SE, entre 3200 y más de 3600 msnm. Ella corresponde a la prolongación hacia el este de la falla Pachatusan. Tiene dirección NO-SE y limita bloques de rocas paleozoicas de la Formación Ananea con rocas meso-cenozoicas en el límite Cordillera Oriental-Altiplano. Esta falla corta el volcánico cuaternario de Cerapata (Cabrera et al., 1987) cuyas lavas más jóvenes han sido datadas por K/Ar en  $<0.7$  Ma (Kaneoka y Guevara, 1984). El río Vilcanota corta transversalmente la escarpa exhibiendo un antecedente de proceso del río. Así la geomorfología fluvial muestra un cañón escarpado donde el río Vilcanota corta un bloque emergente y muestra la unión de abanicos y terrazas aluviales con una amplia llanura del río Vilcanota donde se han desarrollado canales entrelazados (Cabrera et al., 1987). Por lo tanto, la tectónica extensional del Cuaternario parece ser responsable de la sedimentación fluvio aluvial dentro de las depresiones de Lucre y Andahuaylillas. Precisamente, la depresión de Lucre es una consecuencia de la neotectónica y de las actividades volcánicas. Así, el volcán Rumicolca bloqueó la salida del río Huatanay al Vilcanota (Foto 51), causando la formación de la laguna de Huacarpay y luego la migración de drenaje hacia el NE por Huambutío. Entonces la reactivación tectónica del sistema de fallas Urcos incrementó las malas condiciones de drenaje. En el borde oriental, la terminación de la falla parece ser un sagpond (laguna de falla) donde se ha emplazado la laguna de Urcos (Cabrera et al., 1987).

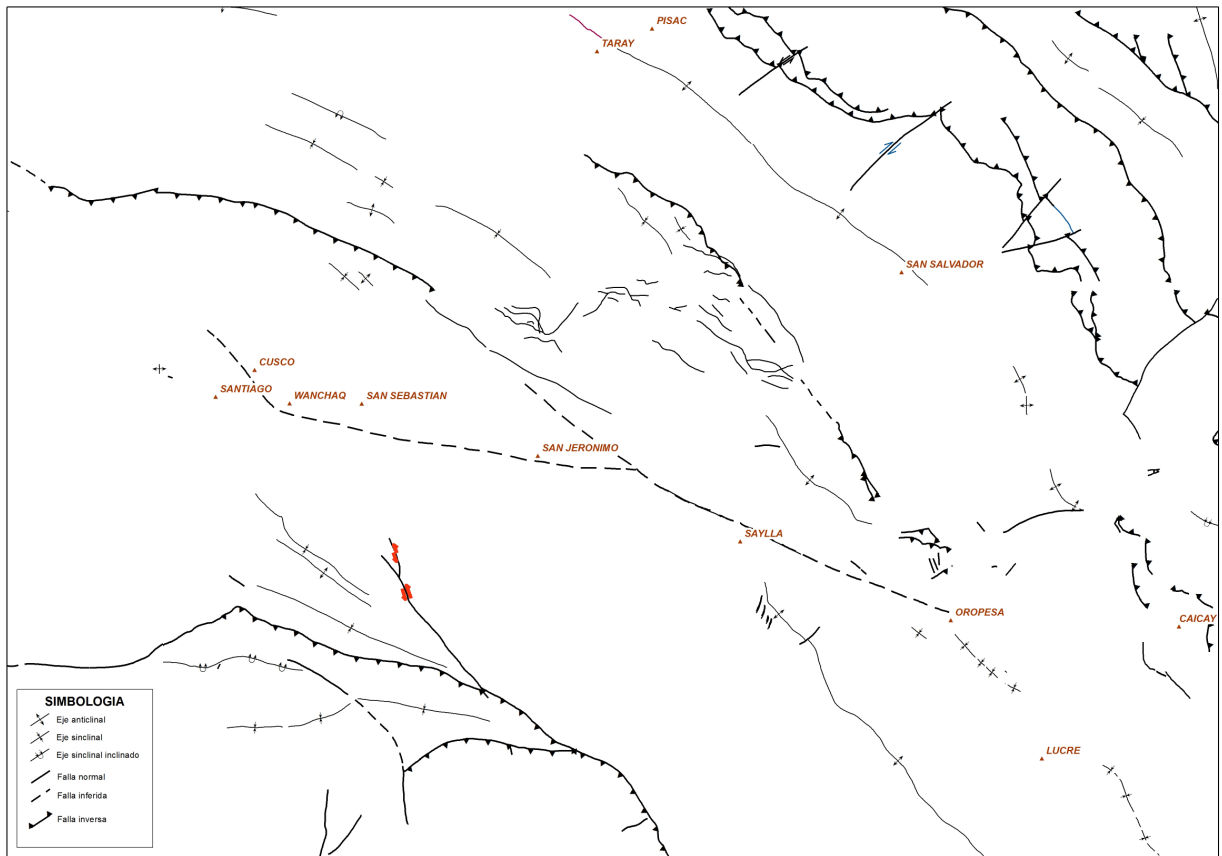


Figura 4.3 Mapa Geológico Estructural Regional

### 4.3.2 Geología Estructural Local

Cabe mencionar que existe un sin número de pequeñas fallas que deforman las unidades litológicas de la subcuenca del Cusco. Son estructuras de formación frágil (fallas) y de formación plástica (flexura) que han dislocado y alterado las secuencias sedimentarias que afloran a lo largo de la sub cuenca. Responden principalmente a los efectos de la deformación tectónica reciente a la Neotectónica.

**Flexura de San Sebastián.-** Constituye la principal estructura compresiva que tiene una dirección N 120° E y su flanco Sur deprimido (Cabrera J. 1984): Se extiende ampliamente desde la quebrada Tenéria donde se comporta como un sistema de pliegues simétricos (diatomita plegada) descansando sobre los paquetes caóticos y brechados de la formación Pumanmarca, para luego hacerse marcadamente deprimida (45° al Sur),

siguiendo la trayectoria en la dirección Norte la flexura San Sebastián se disloca hasta crear un sistema de fallas de dirección E-W con buzamiento al Sur.

Esta estructura se extiende hasta la quebrada Cuichipata, donde se atenúa la deformación. Morfológicamente se manifiesta por la presencia de su borde sur con fuerte inclinación en dirección a la depresión del Cusco y la existencia de una red de canales y quebradas paralelas que desaguan hacia el río Huatanay. Se extiende desde el río Saphy hasta disipar en la línea de falla Tambomachay.

**Sistema de fallas Quencco.-** Son estructuras de formación frágil, ubicada en el borde Norte de la zona de San Sebastián, con marcada dirección E-W con buzamiento promedio de 70° al Sur.

**Falla Cachimayo.-** El esfuerzo de desgarre manifestado en la línea de falla ha logrado desplazar al sistema de falla Quencco en una diferencia aproximada de 150 m. hacia el Norte. Sobre la línea de falla que jugó probablemente en una etapa post-Pumanmarca se emplaza en el lecho del río Cachimayo.

El desplazamiento de la falla altera la continuidad de los depósitos de la formación Pumanmarca y probablemente en un juego posterior en la misma dirección de esfuerzo disloca hasta debilitar los depósitos suprayacentes de la formación San Sebastián a punto de haber erosionado hasta los sedimentos de la secuencia inferior.

Es fácil identificarla por la profundidad de su cauce, así como la amplia zona de debilidad creada y que actualmente juega a procesos de geodinámica externa. (Deslizamientos, derrumbes antiguos y actuales).

**Falla Tenería.-** Responde al desplazamiento de una falla normal sinistral con buzamiento al Este con un rumbo variable que va de N-S (desembocadura del río Tenería en el río Cachimayo hasta la comunidad de Tticapata), para luego torcer bruscamente al NW – SE donde se disipa

en la línea de falla Tambomachay. Esta falla desplaza los depósitos de la formación Pumanmarca y en etapas más recientes destruyó los depósitos de la formación San Sebastián suprayacentes a la formación Pumanmarca en la línea de rotura.

**Falla Pumanmarca.-** Se ubica al Norte de la flexura de San Sebastián., así como de la misma población de San Sebastián. Su orientación es de SW – NE, y es una falla de rumbo que pone en contacto a la formación Pumanmarca con los depósitos Cuaternarios Recientes.

**Falla Aucalle.-** Se ubica al NW de la Población de San Sebastián y tiene una orientación NW – SE, esta empieza desde la misma población hasta cortar a la falla de Cachimayo que se encuentra en el río del mismo nombre.

**Fracturamiento** Desde el punto de vista tectónico, la subcuenca de la ciudad del Cusco se caracteriza por la presencia de estructuras Cuaternarias desarrolladas dentro del régimen de esfuerzos compresivos y esfuerzos extensivos.

Las principales estructuras compresivas se localizan esencialmente en el borde Norte de la subcuenca del Cusco, tales como la flexura de San Sebastián, sistemas de fallas inversas de orientación E – W con planos de buzamiento al Sur y al Norte. Las estructuras de extensión están conformadas por fallas normales centimétricas a métricas



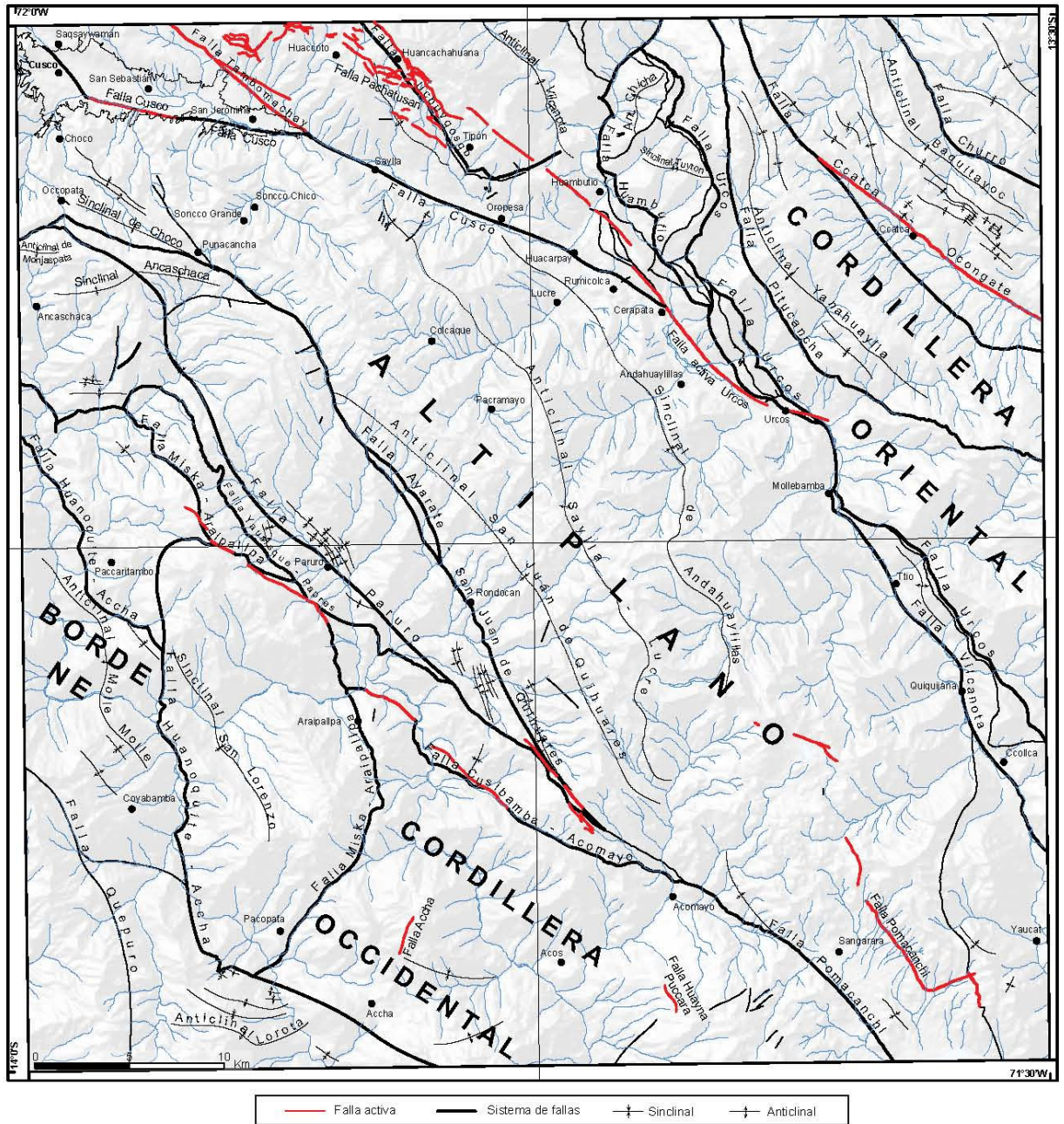


Figura 4.4 Mapa neotectónico del cuadrángulo de Cusco.

Fuente: Geología del cuadrángulo de Cusco. bol. 138. hoja 28s. Evidencia una mayor actividad tectónica reciente en la zona de estudio

## **4.4 GEOTECNIA**

### **4.4.1 Perfiles Estratigráficos**

Según las exploraciones de Suelos mediante las Calicatas aperturadas en diferentes puntos del distrito de San Jerónimo (ver Tabla 4.1 y Mapa de Ubicación de Calicatas), se describen en forma detallada las características de los estratos del suelo que conforman el perfil de los pozos o dichas Calicatas de exploración, de acuerdo a la Norma ASTM D- 2488 (ver Anexo de Perfiles Estratigráficos).

#### **Calicatas Ubicadas a la Margen Izquierda del Río Huatanay**

Existen suelos de composición granular con matriz fina de estructura caótica sin estratificación en un 80%. De la superficie hasta la profundidad de -0.60m. generalizando, se presenta material de Arena limosa con gravilla de clastos angulosos a sub-angulosos de tamaños variados de matriz de tierra orgánica, muchas veces sirve de terreno de cultivo; luego hacia la profundidad explorada de -3.00m. se presenta un estrato potente clasificado según la norma SUCS como GM-GC (Suelo Grava Arena limo-arcillosa).

#### **Calicatas Ubicadas a la Margen Derecha del Río Huatanay**

Existe presencia de suelos de composición fina de estructura en forma intercalada entre arenas, limos y arcillas. De la superficie hasta la profundidad generalizada de -0.50m. se presenta material de Limo-arcilloso que contiene tierra orgánica, presenta un color marrón oscuro; seguidamente se presenta una intercalación de capas de arenas, limo-arcillosos y arcillas de color marrón rojizo hasta la profundidad explorada mediante Calicatas de -3.00m.

Tabla 4.1 Ubicación Geográfica de las Calicatas de Exploración. Distrito de San Jerónimo

Ubicación	Cordenadas UTM		Altitud
	Este	Norte	
Margen Izquierda	186185	8502695	3370
Margen Izquierda	187207	8502427	3421
Margen Izquierda	186225	8501552	3284
Margen Izquierda	187100	8502100	3308
Margen Izquierda	187330	8501409	3292
Margen Izquierda	188329	8501602	3359
Margen Izquierda	188916	8501127	3294
Margen Izquierda	189869	8500388	3242
Margen Izquierda	188910	8500709	3254
Margen Izquierda	189522	8500312	3232
Margen Izquierda	188595	8500080	3218
Margen Derecha	184915	8500815	3298
Margen Derecha	185734	8500530	3255
Margen Derecha	186607	8500207	3245
Margen Derecha	185197	8499808	3291
Margen Derecha	185750	8500310	3296
Margen Derecha	185886	8500008	3295
Margen Derecha	187606	8499892	3230
Margen Derecha	188208	8499684	3229
Margen Derecha	185314	8500653	3298
Margen Derecha	188318	8499020	3240
Margen Derecha	184399	8498850	3375
Margen Derecha	188480	8498745	3230
Margen Derecha	188218	8498165	3280
Margen Derecha	188210	8499247	3234

#### 4.4.2 Análisis de Cimentación

##### 4.4.2.1 Angulo de Fricción Interna por PDL

En la prospección realizada, utilizando el PDL, a partir del fondo de las Calicatas en proceso de excavación (-2.00m.), se ha penetrado un estrato, de 1.20m. profundidad, de suelo de estructura granular y de matriz fina (Margen Izquierda), similar a la observada en las calicatas aperturadas. Al realizar los cálculos respectivos, se obtiene un ángulo de fricción interna mayor de 32°, el cual se ha tomado para efectos de cálculos de la Capacidad de Carga. El mismo procedimiento fue realizado en las calicatas abiertas en la Margen Derecha con resultados mayormente entre 31° y 32°, con algunos puntos entre 26° y 27°.

#### 4.4.2.2 Tipo y Profundidad de Cimentación

Según la naturaleza y tipo del suelo, la capacidad admisible y otras consideraciones técnicas del Proyecto, el tipo de Cimentación que se debe adoptar, será del tipo de Zapatas Independientes y Cimentación de Concreto Armado (vigas de amarre) y Estructura de Concreto Armado según el diseño realizado por el Profesional responsable.

#### 4.4.2.3 Profundidad y Cota de Fundación (Df.)

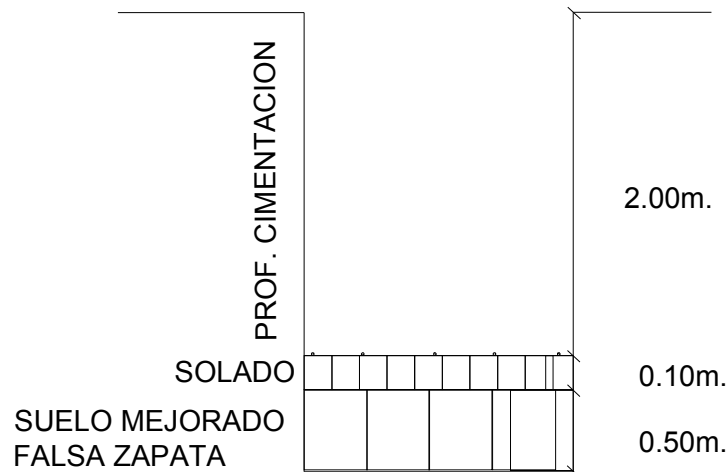
Las Cotas de Cimentación se deben fijar en la siguiente forma:

- Profundidades comprendidas entre -1.50 y -2.00m. Por debajo del nivel del terreno actual en toda el área de los terrenos Clasificados ML-CL, SM, SP Y CL, previo mejoramiento del Suelo con falsas Zapatas en un espesor de 0.50m. de piedra grande 70% y concreto 30%, construcciones hasta Cinco plantas o niveles.
- Profundidades comprendidas entre -2.00m. y 3-00m Por debajo del nivel del terreno actual en todo el área de los terrenos Clasificados GM-GC, GP, GM . Construcciones hasta de siete hasta nueve plantas o niveles.
- Estas profundidades de fundación están dentro de la condición:  $D_f \leq B \leq 5$ , del Reglamento Nacional de Construcciones.

#### 4.4.2.4 Resumen de las condiciones de Cimentación

##### A-1.- TIPO DE CIMENTACION: TIPO DE SUELO CL, ML y ML-CL.

- Se recomienda Zapatas Cuadradas independientes y Cimentación Viga Armada.
- Se recomienda la profundidad de Fundación entre  $-1.50 < D_f < -2.00$ m. por debajo del nivel actual del terreno, se realice mejoramiento del Suelo por medio de Falsa Zapata de piedra grande 70% y concreto simple 30%.
- Se recomienda la profundidad de Fundación de -2.00 m. por debajo del nivel actual del terreno previo mejoramiento de 0.50m. Para Edificaciones de hasta 5 plantas.



## TIPO DE ZAPATA

### **A-2.- TIPO DE CIMENTACION: PARA TIPO DE SUELO GM-GC, GM, GP**

- Se recomienda Zapatas Cuadradas independientes y Cimentación Viga Armada.
- Se recomienda la profundidad de Fundación entre  $-2.00 < D_f < -2.50$ m. por debajo del nivel actual del terreno,
- Se recomienda la profundidad de Fundación de  $-2.00$  m. por debajo del nivel actual, para construcciones de hasta 09 Plantas o Niveles, previo estudio de Mecánica de Suelos en forma independiente del área de terreno involucrado.

#### **4.4.3 Determinación de la Capacidad de Carga**

De acuerdo a los ensayos, análisis realizados en el laboratorio de suelos y los cálculos respectivos para la determinación de la capacidad de carga, se presentan los resultados geotécnicos de las calicatas de exploración que representan a cada sector del terreno de influencia (ver Tabla 4.2 y Anexo de determinación de Capacidad de Carga).

**Margen Izquierda:** Considerada desde la urbanización Larapa hasta el sector de Q'ollana, según SUCS se clasifica como:

**GM-GC** - Suelo grava limo-arcillosa con arena y fragmentos de roca de tamaño variado, sus clastos son de contorno anguloso a sub-anguloso, el contenido de finos que pasa la malla N° 200 representa mayor del 15%. El valor obtenido de la Capacidad de Carga Admisible se encuentra dentro del rango de 1.5 a 2.0 Kg/Cm<sup>2</sup> .

**GP-** Grava Pobremente Graduada, contiene fragmentos de roca de tamaño variado, sus clastos son de contorno Sub-anguloso, el contenido de finos representa menor al 5%. El valor de la capacidad de Carga Admisible está dentro del rango de 1.50 a 2.0Kg/Cm<sup>2</sup>.

**GM** – Grava Limosa con arena y contenido de fragmentos de roca de tamaño variado, forma de contorno anguloso a sub-anguloso, el contenido de finos está entre 5-15%. El valor de la Capacidad de Carga Admisible se encuentra del rango de 1.50 a 2.00Kg/Cm<sup>2</sup>. Ver mapa Geotécnico.

En la franja de terreno paralelo a la Pista principal ambos lados, desde la altura del Local del Colegio de Ingenieros hasta la altura de la entrada hacia la Granja Kayra, según los estudios de Suelos mediante Calicatas, se ha encontrado el tipo de Suelo de estructura fina, según SUCS se clasifica como:

**ML-CL-** Se presenta en la franja de terreno desde la altura del C.I.P. por ambos lados de la pista que se extiende en forma paralela hasta la altura de la entrada a la Granja Kayra(UNSAAC), el tipo de suelo presente en esta área se clasifica según SUCS como Limo-arcilloso con arena, medianamente compacta, el contenido de finos son más de 15%. El valor de la Capacidad de Carga Admisible está en el rango de 1.00 a 1.50 Kg/Cm<sup>2</sup> .

**Margen Derecha:** Zona considerada desde la urbanización La Rinconada, colindante con el territorio del Distrito San Sebastián, hasta el sector de Kayra Pampa, según SUCS se clasifica como:

**GM-** Suelo Grava limosa contiene grava menuda en porcentaje mínimo sus clastos son de contorno redondeado (sector planicie Pillao-Matao). Ver Plano Geotécnico



**ML-CL-** Suelo Limo-arcilloso con arena, medianamente compacta, el contenido de finos son más de 15%. El valor de la Capacidad de Carga Admisible está en el rango de 1.00 a 1.50 Kg/Cm<sup>2</sup>.

**ML-** Suelo de Limo con arena, medianamente compacta, La Capacidad de Carga Admisible fluctúa entre 1.00 a 1.84 Kg/Cm<sup>2</sup>.

**CL-** Suelo de Arcilla con contenido de limo en porcentaje mínimo, flojo a medianamente compacto. El valor de la Capacidad de Carga Admisible se encuentra dentro del Rango d 1.00 a 1.65Kg/Cm<sup>2</sup>.

**SM-** Arena Limosa, medianamente compacta. El valor de la Capacidad Admisible está dentro del rango de 1.00 a 1.55Kg/Cm<sup>2</sup>.

**SP-** Arena con limo, poco compacta. El valor de la Capacidad de Carga es de 1.45 kg/Cm<sup>2</sup>. (sector de las Ladrilleras).

Tabla 4.2 Propiedades Geotécnicas del Suelo por Calicata de exploración.  
Distrito de San Jerónimo

Código/Cal	Ubicación	Humedad %	Limite Líquido	Limite plástico	Índice Plástico	SUCS	D. Natural	F	C	Q. adm.
									(Kg/Cm <sup>2</sup> )	Kg/Cm <sup>2</sup>
C-01 - M.I.	Larapa	7.77	26.16	19.29	6.87	GM-GC	1.72	32°	0.28	1.77
C-02 - M.I.	Rau Rau	9.78	27.11	20.07	7.04	GM-GC	1.74	32°	0.32	1.85
C-03 - M.I.	Larapita	5.42	26.1	18.8	7.3	GM-GC	1.73	32°	0.34	1.87
C-04 - M.I.	Quinta River	9.72	23.46	21.68	1.78	GP	1.74	32°	0.29	1.8
C-05 - M.I.	Uma huasi	9.59	25.66	18.8	6.86	GM-GC	1.71	32°	0.28	1.76
C-06 - M.I.	Buena Vista	8.11	23.51	19.12	4.39	GM-GC	1.70	32°	0.30	1.78
C-07 - M.I.	Checcollo	5.94	23.37	21.92	1.45	GP	1.72	32°	0.30	1.60
C-08 - M.I.	Chillcamocco	9.20	24.45	19.49	4.96	GM-GC	1.71	31°	0.32	1.80
C-09 - M.I.	Patapata	6.20	23.55	22.29	1.26	GP	1.73	32°	0.31	1.82
C-10 - M.I.	Ccollana	6.79	21.68	20.43	1.25	GM	1.72	32°	0.32	1.86
C-11 - M.I.	Pampachacra	31.08	27.19	18.34	8.85	CL	1.68	27°	0.54	1.13
C-01-M.D.	Lucerinas	20.16	25.18	19.43	5.75	ML-CL	1.69	31°	0.32	1.59
C-02-M.D.	Vallecito Pillao	22.78	25.08	18.94	6.14	ML-CL	1.65	27°	0.34	1.00
C-03-M.D.	APV. El Trigal	11.62	26.4	19.62	6.78	ML-CL	1.7	32°	0.34	1.84
C-04-M.D.	Vallecito Pillao	13.42	22.88	21.49	1.39	ML	1.71	32°	0.33	1.84
C-05-M.D.	APV. Santa Cruz	30.63	24.31	19.7	4.61	ML-CL	1.64	31°	0.32	1.55
C-06-M.D.	APV. Amancaes	4.83	22.89	21.61	1.28	SP	1.68	32°	0.08	1.45
C-07-M.D.	APV. Las Ñustas	12.76	24.21	22.76	1.45	SM	1.69	31°	0.29	1.55
C-08-M.D.	APV. Los Maizales	15.88	23.68	22.03	1.65	SM	1.69	31°	0.31	1.31
C-09-M.D.	APV. Nueva Alianza	23.27	26.04	18.87	7.17	CL	1.64	32°	0.24	1.65
C-10-M.D.	Kayra Pampa	25.04	28.17	18.87	9.3	CL	1.63	26°	0.56	1.00
C-11-M.D.	Pillao Matao (Qochapata)	10.44	22.58	21.35	1.23	GM	1.69	32°	0.26	1.72
C-III-M.D.	Kayra Pampa	22.73	22.82	18.36	4.46	ML-CL	1.62	30°	0.32	1.36
C-IV-M.D.	Pampa Palq'ay	21.45	23.49	21.56	1.93	SM	1.63	30°	0.36	1.41
C-V-M.D.	Granja Kayra (UNSAAC)	17.53	23.49	19.07	4.42	ML-CL	1.67	32°	0.34	1.79

#### **4.4.4 Evaluación de Peligros Geotécnicos**

Los peligros de origen geotécnico de mayor incidencia se presentan en la Margen Derecha del Río Huatanay en áreas que abarcan los sectores de Ladrillera, Kayra Pampa, Vallecito Pillao y adyacentes. Las causas que los generan son las siguientes:

- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)
- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad
- Pérdida de resistencia mecánica por lixiviación
- Agresión del suelo al concreto

Para la evaluación de la ocurrencia de los peligros geotécnicos en la Margen Izquierda y Derecha han sido considerados los resultados obtenidos en la geotecnia del presente estudio, siendo de especial importancia la clasificación de suelos y la capacidad portante de los suelos.

#### **4.4.5 Zonificación de Peligros Geotécnicos**

En la zonificación de peligros de origen geotécnico para la circunscripción del Distrito de San Jerónimo, se han establecido 03 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

##### **a) Zona de Peligro Bajo**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave sin nivel freático, la capacidad portante del terreno es marcadamente mayor a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>, no hay variación de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es baja y la amplificación de las ondas sísmicas es baja a media. En esta zona no ocurren fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se le considera de peligro bajo, estas áreas son: El Centro Histórico del Distrito de San Jerónimo, el sector de Larapa, Raurau, Larapita, Quinta River, Umahuasi, Buena Vista, Checcollo, Chillcamocco, Patapata, Ccollana, Lucerinas, APV. El Trigal,



APV. Santa Cruz, APV. Las Ñustas, APV. Nueva Alianza, Pillao-Matao (Q'ochapata) y Granja Kyara (UNSAAC).

#### **b) Zonas de Peligro Medio**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada sin nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>, no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es media y la amplificación de las ondas sísmicas es media a alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de poca magnitud por lo que se le considera de peligro medio, las áreas involucradas al peligro medio se ubican en las siguientes áreas: Franja paralela a la pista principal ambos lados desde la altura del CIP hasta Pampa chacra por la margen Izquierda del Rio Huatanay y por la margen derecha las áreas de terrenos de las APVs. Amancaes, Los Maizales, Kayra Pampa lado Sur.

#### **c) Zonas de Peligro Alto**

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, quebradas y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra menores de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad en los suelos granulares pero en los suelos finos este efecto es moderado, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es alta y la amplificación de las ondas sísmicas es alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de media magnitud por lo que se le considera de peligro alto, dentro del territorio del Distrito de San Jerónimo se ubican en los sectores que se menciona a continuación: El sector de Vallecito Pillao, sector de las Ladrilleras y Pampa Kayra lado Norte(próximo al río Huatanay).



## **CAPITULO V**

### **GEODINÁMICA**

#### **5.1 GEODINÁMICA INTERNA**

El 80% de terremotos del mundo ocurren en el Círculo de Fuego del Pacífico, del cual forma parte el territorio peruano. La interacción de placas tectónicas es el mecanismo generalizado responsable de la alta sismicidad y vulcanismo en nuestro país. Esta interacción es la subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Sudamericana con una velocidad de 10 cm/año y un desplazamiento al este de la placa Sudamericana de 3 cm/año en promedio (Pardo, 1987). Los mecanismos de movimientos intraplacas, estarán generalmente supereditadas al movimiento de las placas antes mencionadas. Los sismos que ocurren en la zona del Cusco, son bastantes localizados (en su mayoría), ligados a reactivaciones de callamientos activos.

Desde el punto de vista tectónico la sismicidad regional se desarrolla en el dominio de la intraplaca continental sudamericana, constituyendo la denominada Zona Sismogénica Superficial Oriental del Sur del Perú, esta se caracteriza por presentar sismos principalmente superficiales y destructores como los ocurridos en Cusco en 1950 y 1986, así como en Urcos en 1965.

##### **5.1.1. Análisis Histórico De Eventos Sísmicos**

###### **5.1.1.1 Sismicidad Histórica en el Área de Influencia**

Como ya es conocido, desde los diferentes estudios y mapas desarrollados a nivel nacional e internacional, se plantea que la zona costera del Perú, próxima a la zona de subducción de la placa de nazca por debajo de la placa continental es la zonas sísmicamente más activa de la región, generando grandes sismos que liberan energía concentrada que impacta directamente sobre la población asentada.

Pero esta zonas costera del país no es la única que presenta signo de actividad sísmicas, es también la zona sur oriental del Perú, donde se

identifican grandes deflexiones de la cadenas de los andes, donde se generan grandes complejos de falla activas, que también son un peligro inminente, si bien las condiciones no son tan extremas como en la costa, existen registros y evidencia histórica del poder destructivos que se pueden generar en esta zonas del Perú y que tienen a la ciudad de Cusco y a los distritos que la conforman como los elementos de mayor riesgo por la cercanía a las fallas generadoras de estos grandes sismos.

Es así que se recopiló del libro Terremotos en el Perú de Enrique Silgado y Alberto Giesecke, publicado en el año 1981, y de los boletines sísmicos del Instituto Geofísico del Perú, del cual se extrajo la siguiente lista que tiene como .

**1581** Terremoto que hundi6 con todos los habitantes al pueblo de Yanaoca.

**31 de Marzo de 1650**, a las 14 horas, terremoto en el cusco que derribo todas los templos y la mayor parte de las edificaciones generalizando los estragos en Abancay, Andahuaylas y otros pueblos de la comarca. Los Anales del Cusco, dejan entrever la desolaci6n que causo este sismos en toda la meseta del Collao hasta sicasica (Bolivia) otros perjuicio y efectos est6n descritos por el P. Juan de C6rdova, que describía; “en el pueblo de Yaurisque todo se asol6, cayeron las paredes del lugar, murieron 12 personas, El Br. Juan de arenas pereci6 con 20 indios yendo de Cuchoa al pueblo de Marcapata.

Se produjeron grandes deslizamiento de las partes altas de Pisac y Paucartambo, uno de ellos repres6 el Curso del Rí6 Apurimac. La tierra se agrieto en varios lugares, observ6ndose disturbios en el nivel fre6tico de las aguas de esorrentía cera del pueblo de oropesa.

En lima se sintió este movimiento, alcanzando intensidad como para causar algunos deterioros, Hasta el 3 de abril se contaron en el Cuzco más de 260 temblores entre más de 30 tan intensos como el primero y más breves en tiempo.

**17 setiembre de 1707**. Terremoto en el pueblo de Capi, provincia de Paruro, Cusco, 50 muertos

**El 19 de Noviembre de 1744**, a las 06:30 horas, ocurrió un sismo en el Cusco que agrietó la bóveda de la Iglesia La Merced y las paredes de varias viviendas. De la Catedral e iglesias cayeron las estatuas, aproximadamente tuvo una magnitud de 6.0

**El 11 de Febrero de 1746**, en el Pueblo de Urcos, Cusco, se registró de 9 a 11 temblores que provocaron daños en los templos y destruyeron muchas viviendas. En Acomayo se desplomó la Iglesia. Hasta el 15 de Febrero se registraron más de 90 réplicas

**4 de noviembre de 1913**, a las 16:33 violento sismo en la provincias de Aymaraes, departamento de Apurímac, destrucción de los caseríos de Casaya, Soraya, Tarray Puente, Huaquipa, Sañaica; fuertes daños en las aldeas de Colcabamba, Amoray y en otras, murieron alrededor de 150 personas, En Chalhuanca capital de la provincia se sintió con fuerza, En Abancay, capital del Departamento ocasiono algunos daños a las construcciones, más al norte. de Andahuaylas y Ayacucho, la intensidad del sismo declino notablemente.

**9 de abril de 1928**, al medio día, se desencadeno un sismo en la provincia de Carabaya según los informes de las autoridades, la zona más afectada comprendía un rectángulo de 50 m de lado cuyo largo estaba formado por parte del rio Esquilaya hasta su desembocadura en el rio Inambari y cuyo ancho variaba de 1 a 4 km, Los derrumbes de los taludes dese el rio, formaron una represa natural que más tarde se rompería. A causa de los derrumbes ocurrieron dos muertos y ocho desaparecidos El movimientos se sintió intensamente en la ciudad de Puno, Cusco, Huancane y en los pueblos de Putina, Caserio de Vilqueshico y Cuyocuyo

**18 de setiembre de 1941**, a las 8:15 hras, Un fuerte movimiento sísmico en el Cusco, daño varias iglesias, capillas, edificios públicos y viviendas, Grado VI, VII, MM, El movimientos se sintió en Abancay y en los pueblos de Pararca, Occidental. Las lecturas de los sismogramas de La Paz, Bolivia indicaban una distancia epicentral de 510 Km.

**21 de Mayo de 1950**, a las 13:28 horas, Terremoto en la ciudad del Cuzco, que daño en más de un 50% sus edificaciones y viviendas. Perecieron unas 120 personas y heridas unas 275, El área epicentral estuvo confinada al valle del Cuzo, (unos doce km<sup>2</sup>), circundada por un área de quinientos Km<sup>2</sup>, afectadas por una destrucción en menor escala. El movimiento se sintió en una área elíptica de 16.000 km<sup>2</sup>, comprendida entre los paralelos 13°13' y 14°30' de Lat S, y los meridianos 71°15' a 72°55' Log W, se estimó que la intensidad en el área epicentral alcanzo el grado VII MM, efectos sobre las construcciones: Entre los edificios que más sufrieron a consecuencia del terremoto, estuvieron los templos reliquias arquitectónicas erigidas hace 250 a 300 años, con muros hechos de bloques de piedra con techos abovedados de ladrillo, sustentados en arcos de piedra. Los campanarios fueron los más averiados, derrumbándose algunos de ellos. También resultaron muy averiadas las antiguas construcciones de adobe y piedra a ladrillo, se observó que muchas de las combinadas de antigüedad construcciones de adobe y las combinadas de adobe piedra o ladrillo, se observó que, muchas de ellas había sido lesionadas por el fuerte sismo de 18 de diciembre de 1941, completándose su destrucción en 1950.

Efectos en el terremoto; Después del terremoto, en el lado sur del valle, al SE del pueblo de San Sebastián, se observó en una longitud de 5Km. Una zona de extensa fisuración, las grietas eran de forma irregular y varían de abertura desde algunos centímetros hasta 2 metros de profundidad, y en longitudes de 10 a 50 metros, encontrándose tanto en terrenos secos como húmedos.

Los deslizamientos fueron de magnitud reducida y ocurrieron principalmente en algunas laderas escarpadas y en los taludes de gravas aluvionales.

Efectos diversos; Muchas estatuas cayeron de sus pedestales y en algunos casos el bloque superior se desquicho en su parte media girando 5 grados en una dirección anti horaria. El nivel freático se levantó en el lado sur del valle. Áreas que habían estado casi secas antes del

terremoto aparecieron cubiertas por diez a cuarenta cm de agua, semana y media después del sismo, otros estudios: La profundidad focal a base de intensidades observadas se estimó en unos 9 Km.

**08 de noviembre de 1961 a las 4: 30 horas**, fuerte temblor en distrito de Acos, provincia de Acomayo, Cusco, Intensidad de VI

**08 de mayo de 1965 a las 5:23 pm**, Sismo destructor localizado en el pueblo de Urcos. Desprendimiento de las laderas de los cerros. Intensidad Urcos VI y Cusvo III MMI

**03 de inicio de 1980**, Fuerte temblor en Cusco. Intensidades de V VI en Limatambo, en Urubamba, Pisac y Cusco IV

**05 de abril de 1986**, a las 3:15 pm ocurrió n sismo de magnitud Richter de 5.8 aproximadamente 20 km al Nor – Oeste de la ciudad del Cusco, La Intensidad Mercalli Modificada máxima fue de VI según estimaciones del Instituto Geofísico del Perú.

En la zona céntrica de la ciudad del Cusco se observaron daños de importancia en monumentos históricos, viviendas de adobe inclusive en estructuras de concreto armado mampostería de ladrilla, existió una gran cantidad de estructuras de adobe afectadas, con diversos tipos de fallas muchas de las cuales habían sido ya reparadas luego del sismo de 1950.

Tabla N° 5.1. Parámetros de los Grandes Terremotos Ocurridos en la Región Cusco en los Siglos XVII, XX

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Lugar	Magnitud (MM)	Profundidad (km)
<b>31 de marzo de 1650</b>	14:38	13.8	72.0	Cusco	7.2	-
<b>18 de setiembre de 1941</b>	13:15	14.0	72.0	Cusco	-	-
<b>21 de mayo de 1950</b>	18:38	14.0	72.0	Cusco	6.0	-
<b>05 de abril de 1986</b>	17:15	-	-	Cusco	5.8	-

## **5.1.2 Condiciones Tectónica y Sismo tectónica**

### **5.1.2.1 Sismotectónica**

De acuerdo a los gráficos de las fuentes simogénicas, de sismos más importantes, el sismo más próximo se ubica prácticamente sobre la ciudad del Cusco, el cual corresponde al terremoto del 25-05-50, con una magnitud de 6.0 ms. La mayor actividad sísmica se localiza al sur y al sureste del Cusco con hipocentro mayormente de tipo intermedio. En la distribución de la actividad sísmica con epicentros localizados con la red de I.G.P. para el intervalo 1983-1986, se puede notar que la mayor actividad sísmica regional se mantiene al suroeste del Cusco, pero sin embargo actualmente ocurren algunos sismos en otras áreas.

No es posible hacer muchas precisiones por no contarse con la suficiente información. El área del Cusco tectónicamente se ubica en la parte interior de una flexión de la cordillera Oriental, a partir de lo cual parece iniciarse una zona de TRANSICION SISMOTECTONICA 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 este-oeste, (según Cabrera 1988), de los primeros análisis epicentrales de sismos ocurridos.

En el área del Cusco, se observa que al oeste del Cusco existen hipocentros muy superficiales (0-33 Km) y superficiales (33-70 Km). Los sismos que se presentan al sur y al suroeste del Cusco, 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 profundo (Ascue 1997).

Los sismos del Cusco están más ligados a los sismos intraplacas, relacionados con movimientos superficiales de fallas activas, de movimientos diversos, en una compleja estructuración, observándose claros juegos de movimientos de rumbo, relacionados con la dinámica de deformación de la Deflexión de Abancay. Los últimos sismos más importantes en el Cusco, se relacionan con los fallamientos activos ubicados al norte de la ciudad, conocidos como fallamientos activos del sistema Tambomachay-Qoricocha de acuerdo a Cabrera 1988 y Sebrier 1986, este conjunto de fallas pertenecería a la zona de transición entre la cordillera Oriental y la altiplanicies mesozoicas, reconocida por su actividad reciente, debido a muchas evidencias tectónicas y volcánicas.

Se menciona que el sistema Tambomachay es la fuente principal de la ocurrencia de los últimos sismos locales (como el de 05 – 04 – 1986) y que el sistema de callamiento Qoricocha es subsidiario al de Tambomachay y se activa constantemente como consecuencia del proceso dinámica del callamiento Tambomachay (Deza 1986).

Como la generación y ocurrencia de los sismos en la región está ligada a la evolución geodinámica de los Andes, manifestada por un constante levantamiento y la influencia de esfuerzos regionales, es posible que en el Cusco se sigan produciendo sismos similares al de 05 – 04 – 1986 y aún más severos, como los ocurridos históricamente; aunque no es posible determinar el tiempo en que se presentarán los sismos futuros, cabe indicar que es una zona de riesgo sísmico potencial. Por lo antes expuesto y la importancia socio económico y cultural de la ciudad del Cusco, es necesario ahondar las investigaciones en este campo. El mayor sismo destructor de la ciudad del Cusco, fue el de 1650, con una escala que se calcula alrededor de 7.0 en la Escala de Richter, por lo que es de esperar sismos de esta magnitud. Aún queda por investigar la distribución real de epicentros, perfiles de profundidades focales, períodos de retorno

y las probabilidades de ocurrencia de futuros sismos destructores, así mismo estudiar detalles de geotectónica de fallas.

### **5.1.2.2 Observaciones neotectónicas**

La región del Cusco está emplazada morfoestructuralmente en el borde oeste de la Cordillera Oriental, en la prolongación suroeste de la Deflexión Pisco-Abancay. En esta zona se desarrollaran una serie de cuencas sedimentarias plio-cuaternarias relacionadas a estructuras tectónicas activas. La cuenca del Cusco es una depresión topográfica prolongada este-oeste, delimitada estructuralmente, por fallamientos importantes como son: falla Shapy, falla Tancarpata, falla Huancaro, falla Lucre o Cusco, falla Quenqo, falla Tambomachay, esta última de actividad actual, catalogada como activa.<sup>2</sup>

Así mismo, dentro de las estructuras más importantes se tiene la flexura de San Sebastián que controla el emplazamiento de gran parte de materiales cuaternarios lagunares en un gran sector del Cusco y alrededores.

Como se ha indicado en el capítulo de estratigrafía, la depresión del Cusco está rellena de materiales cuaternarios de tipo lacustre fluvio-glaciáricos, fluvial y coluvial, de diversas características y propiedades físicas. Además la cuenca cuaternaria está emplazada en una estructuración del tipo de depresión intramontañosa creada por callamientos de rumbo en un sistema PULL-APART (Córdova, Escobedo 1994), considerando la actividad de varias fallas circundantes a la ciudad del Cusco. Dentro de ellas principalmente, el callamiento Tambomachay.

### **5.1.2.3 Las Fallas Activas Locales**

La ciudad del Cusco está rodeada por varias fallas activas dentro de las cuales las que poseen una actividad comprobada son las de Tambomachay y Qoricocha que parecen haber sido activadas durante el sismo del 05 -04 – 1986.

La falla Tambomachay (Sebrier et al. 1982) se localiza a unos 4 Km (promedio) al norte de la ciudad del Cusco, tiene una dirección N 110° a N 130° con buzamientos que varían entre 70°E y 80°E hacia el sur, afecta esencialmente las Capas Rojas y la formación Yuncaypata y recorta la topografía actual con planos normales.

El estudio de sus estriamientos indica movimientos inversos, transcurrentes y normales. Las fallas de la laguna de Qoricocha, están localizadas a 15 Km. al noreste de la ciudad del Cusco, bordean la parte oriental y septentrional de la laguna de Qoricocha. La primera denominada “Falla Huanacaure”, tiene orientación NW-SE, aflora en unos 3 Km. es una falla normal con buzamiento entre 70° y 80° hacia el sur, está acompañada de un movimiento dextral. Por otro lado la “Falla Qoricocha” no muestra muchas evidencias morfológicas de actividad anterior, pero sí actualmente. Existen además, escarpas muy recientes de callamientos asociados a aguas subterráneas, que debemos considerar, como las fallas de Larapa y Huaccoto, que son materia de recientes estudios, desarrollados por INGEMMET, a través de la actualización del mapa neotectónico y fallas activas y peligro sísmico de la región Cusco.

Tabla N°5.2 Fallas activas en la región Cusco

Fallas Activas que podrían generar Sismos Locales						
Nombre	Tipo	Escarpe	Longitud	Material	Coordenadas Referenciales – Utm 18 Sur	
<b>Falla Layo</b>	Normal	15 m	14 km	Depósitos glaciares	912043	8390719
<b>Falla Amaru</b>	Normal	15 m	18 km	Depósitos fluvio-glaciares	904740	8443524
<b>Falla Paruro</b>	Inversa	5 m	10 km	Depósitos aluviales		
<b>Falla Pachatusan</b>	Normal	6 m	16 km	Depósitos fluvio-glaciares	846317	8501947
<b>Falla Qoricocha</b>	Normal	6 m	23 km	Depósitos aluviales-lacustres	809803	8508126
<b>Falla Tambomachay</b>	Normal	6 m	22 km	Depósitos aluviales	179369 – 19S	8508127 – 19S

Fuente: INGEMMET

### **5.1.3 Sismicidad en la Región Cusco y San Jerónimo**

#### **5.1.3.1 Catálogo sísmico**

El catálogo sísmico, viene a ser una base de datos válida para realizar cualquier estudio en sismología. En tal sentido, el catálogo sísmico debe contener los parámetros que caracterizan a un sismo calculado bajo las mismas condiciones de contorno con la finalidad de constituir una lista de los eventos homogéneo. Entonces, tomando en cuenta la época en que ocurrieron los terremotos, se tienen dos tipos de catálogos, el primero es un catálogo del periodo histórico que agrupa a los eventos cuyas características sísmica fueron obtenidas a partir de datos históricos es decir en función a las descripciones encontradas en manuscritos acerca de los efectos que los terremotos causaron en los centros poblados y como las poblaciones los percibieron, a partir de esta información se hicieron estimaciones para elaborar un catálogo de los sismos infiriendo de los relatos los parámetros hipocentrales. El segundo, es el catálogo del periodo instrumental, que se refiere a la lista de eventos sísmicos que fueron ser registrados instrumentalmente y cuyos parámetros hipocentrales son más precisos.

En el Perú se han realizado trabajos para generar un catálogo con los sismos del periodo histórico, que comprenden aquellos terremotos ocurridos entre 1500 y 1982, autores como Silgado (1978) y el Instituto Geofísico del Perú – IGP (Huaco, 1986 y Tavera et al. 2001) recopilaron información examinado una serie de fuentes, donde muchos de los eventos grandes o destructores han sido descritos por más de un autor. Nosotros tomaremos en cuenta ambos catálogos para identificar los sismos más importantes ocurridos en la región Cusco, pero solo con fines descriptivos.

Por otro lado están los catálogos para el periodo instrumental que constan de datos más precisos de los terremotos durante el periodo de 1970 al 2011. Para el Perú se cuenta con dos catálogos importantes de la sismicidad. El primero corresponde al emitido por el IGP (Huaco, 1986,

Tavera et al. 2001 y Tavera et al. 2007), para el presente trabajo generamos un catálogo para la región Cusco del periodo instrumental se brinda información homogénea de los sismos en magnitud de ondas de volumen (Mb), que es una escala que expresa la energía liberada por el terremoto, y es muy importante para realizar los cálculos de peligro sísmico. En el Anexo A, presentamos el catálogo sísmico con los parámetros hipocentral de los terremotos ocurridos en la región Cusco de todo el periodo instrumental (1986-2011), y que presentaron magnitudes momento mayores a 4 grados. En la figura 6 se presenta un histograma con la ocurrencia de la totalidad de los sismos tomados en cuenta en el catálogo para la región Cusco.

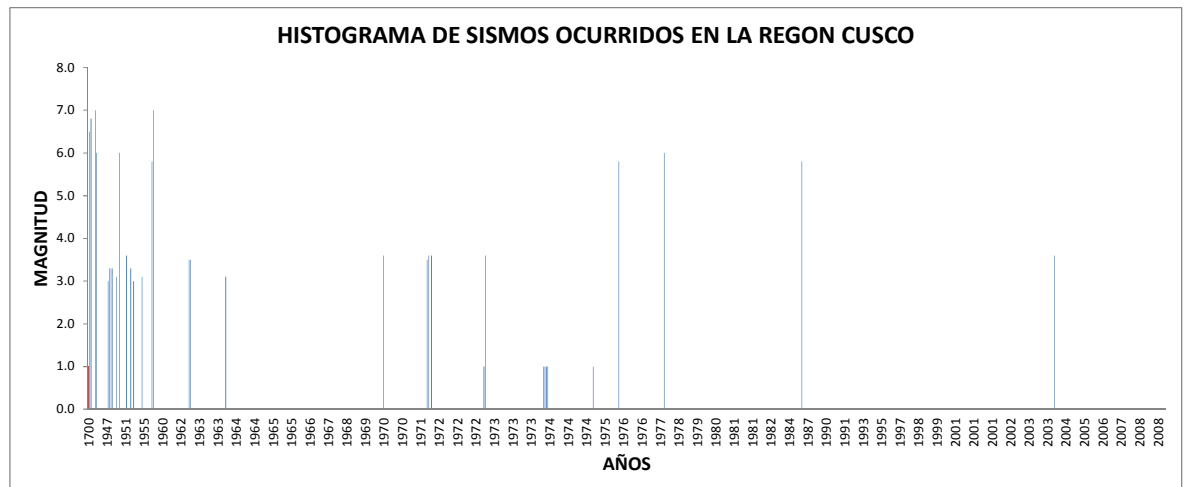


Grafico N° 5.1 Histograma de los sismos ocurridos en la Región Cusco, el grafico muestra la fecha de ocurrencia versus la magnitud de onda (Mb)

### 5.1.3.2 Distribución espacial de los sismos

En total se han considerado para este análisis 339 eventos ocurridos en la región Cusco y en áreas próximas a esta, se han seleccionado sismos con magnitudes momento (Mb) desde 1.5 y aquellos sismos que fueron registrados desde el año 1974, es decir aquellos eventos que fueron registrados instrumentalmente. El documento muestra el mapa de la localización de los sismos ocurridos en la región Cusco durante el periodo de 1974 al 2011. Se han considerado dos aspectos para graficar los eventos: primero la magnitud, que en la figura está determinada por el

tamaño de los círculos, por otro lado se han considerado también en el mapa las profundidades de los sismos, los cuales están definidos por el color.

Para entender la ubicación, distribución y profundidad de los sismos se generaron tres perfiles, que nos dan la idea de ubicación de las sismos en relacion a su profundidad, es así que vemos tres casos diferentes, en los que se puede analizar el origen de los sismos y su impacto en relacion a la superficie y los elementos que en ella se ubican

En primer caso el perfil A - A', nos muestra un comportamiento típico de sismos producto de subducción en el extremo izquierdo del gráfico, ya que probablemente son restos de las placas de nazca las cuales se han fracturado en el punto intermedio, y continua generando fricción y fracturandose generando sismos profundos.

En todos los demás casos por ser sismos relativamente superficiales, se le atribuye a todo un proceso de fracturamiento y contacto de fallas del macizo andino, en el perfil B - B' podemos ver que la mayoría de los sismos están dentro de los 120 Km de profundidad, en el caso del perfil C- C' muestra las mismas condiciones de profundidad que explican que en la región Cusco hay un predominio de sismos superficiales, producto de fallas regionales activas.

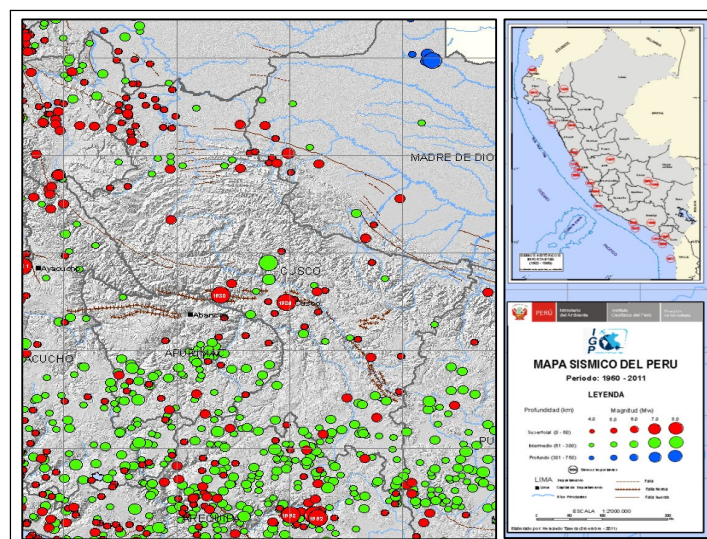


Figura N ° 5.1 Mapa de distribución de Sismos en la Región Cusco

Grafico N° 5.2 Corte vertical de ubicación de sismos A – A´

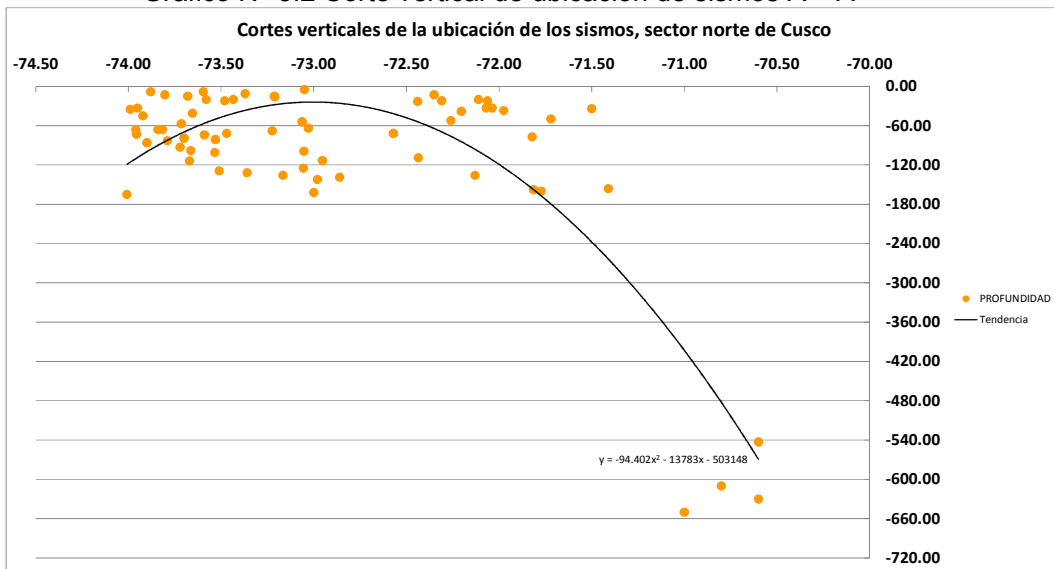


Grafico N° 5.3 Corte vertical de ubicación de sismos B - B´

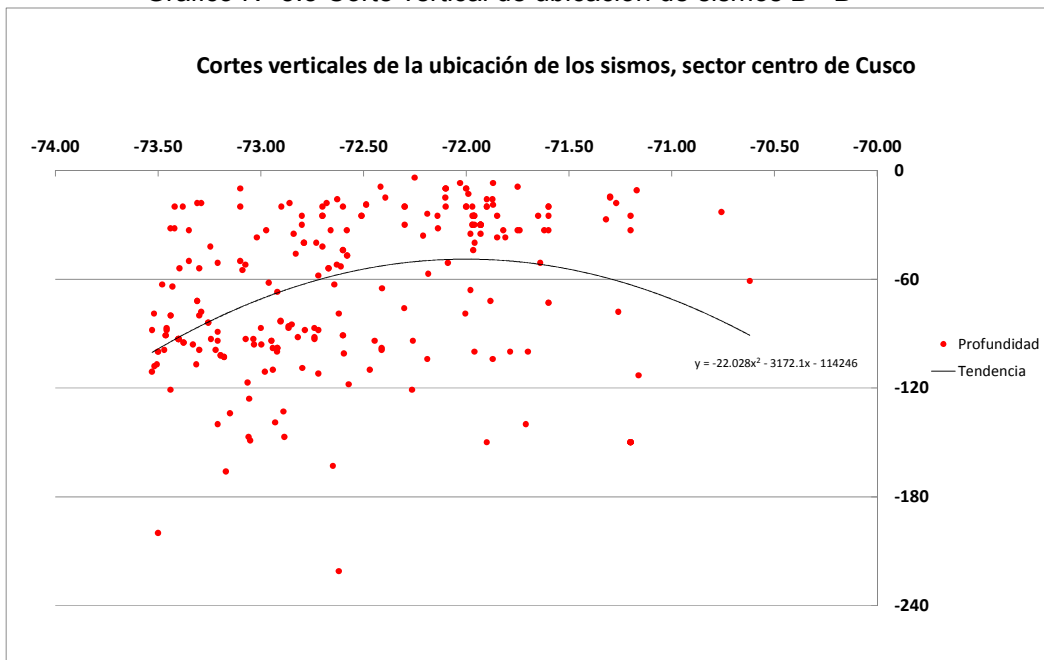


Grafico N° 5.4 Corte vertical de ubicación de sismos C – C´

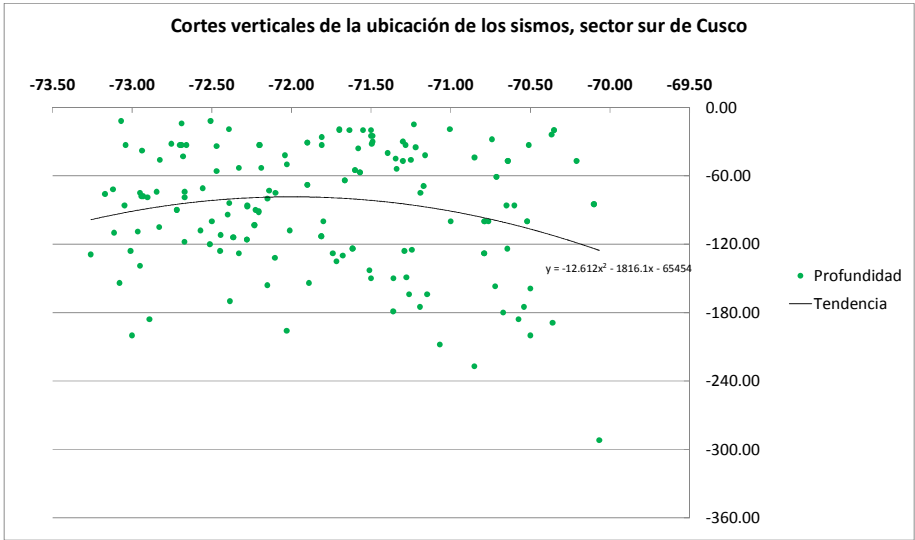
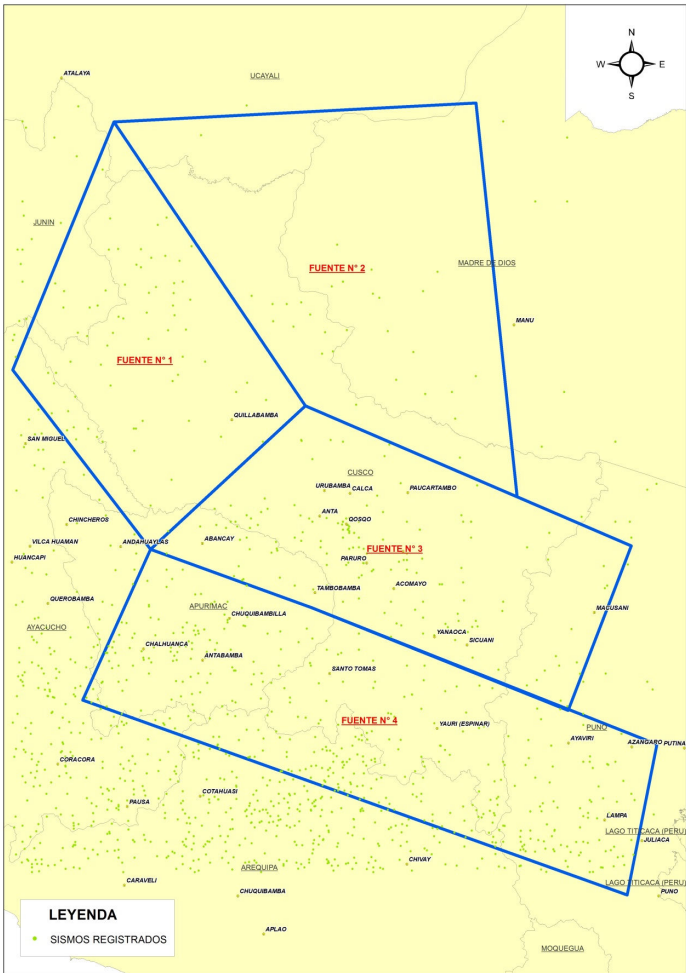


Figura N°5.2 Fuentes sismogénicas





## 5.1.4 Estudio Sísmico Probabilístico

### 5.1.4.1 Fundamentos del análisis de peligro sísmico

El análisis de peligro sísmico probabilístico consiste en la evaluación de la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un cierto valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro de interés para el diseño ingenieril.

La predicción de eventos futuros puede ser realizada por medio de modelos estadísticos, en base a datos pasados. Actualmente el modelo más usado es el de Poisson.

El modelo de Poisson asume que los eventos sísmicos son espacial y temporalmente independientes y que la probabilidad de que dos eventos sísmicos ocurran en el mismo sitio y en el mismo instante es cero. Estas suposiciones, por lo general, no se ajustan a la ocurrencia de eventos de baja magnitud, sin embargo representan adecuadamente la ocurrencia de los movimientos grandes, que son los de mayor interés para fines ingenieriles. Por esta razón, el modelo de Poisson es ampliamente utilizado para evaluar el peligro sísmico probabilísticamente.

En su forma más general, la Ley de Poisson es expresada de la siguiente manera

$$P_{n(t)} = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}$$

### 5.1.4.2 Evaluación y caracterización de las fuentes sismogénicas

La determinación de las fuentes sismogénicas se ha basado en la distribución de epicentros, así como en las características tectónicas del área de influencia. Como se ha mencionado anteriormente, la actividad sísmica en la región Cusco, el resultado de la interacción de las fallas regionales, en toda la región y en el caso de la fuente N° 2 se aprecia sismos cuyo origen son producto de la fragmentación de la placas de

Nazca debido al proceso de subducción. Como parte de los procesos de reajustes tectónicos del aparato andino.

Las fuentes continentales o corticales están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina. La determinación de estas fuentes se basa en conceptos regionales de sismotectónica, pues el aporte de fuentes sismogénicas locales es un problema que continúa abierto, actualmente no existen metodologías exactas para darle solución. Un factor principal que imposibilita la evaluación de la contribución de las fuentes locales, es que si bien es cierto que la traza y la geometría de las fuentes pueden ser conocidas, la falta de información de su actividad reciente no admite estudios de recurrencia y en consecuencia, tal actividad no puede incluirse en un modelo probabilístico. Otro factor preponderante es que las ecuaciones de atenuación conocidas son inaplicables para representar la atenuación de las aceleraciones en el campo realmente cercano, correspondiente a la distancia entre la fuente puramente local y el sitio de interés. En consecuencia, el peligro que implican las fuentes locales deberá ser analizado en un estudio de detalle, que evalúe la posibilidad de ruptura superficial de alguna falla que podría afectar al proyecto.

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada es producto de la interacción de fallas geológicas regionales. En el Cusco la distribución de los sismos en función a la profundidad de sus focos, ha permitido configurar la geometría del proceso de contacto y fricción de las fallas geológicas existentes.

En el presente estudio se han utilizado siete fuentes sismogénicas, en las cuales se han considerado los mecanismos de fallamiento (F1, F2, F3, F4).

Tabla N° 5.3 Ubicación de fuentes sismogenicas

Fuente Sismogenica	Longitud	Latitud
F1	-74.06	-12.55
	-73.43	-11.00
	-73.20	-13.67
	-72.23	-12.78
F2	-73.43	-11.00
	-71.17	-10.88
	-72.23	-12.78
	-70.91	-13.34
F3	-73.20	-13.67
	-72.23	-12.78
	-70.59	-14.67
	-70.20	-13.65
F4	-73.20	-13.67
	-70.04	-14.88
	-73.63	-14.62
	-70.24	-15.83

#### a. Características de la Fuente 1

Las características sismológicas de la fuente N° 1, muestra diferentes componente neotectonicos, en los que se aprecia una combinación de eventos producto de actividades superficiales debido a conjunto de fallas regionales y el comportamiento del proceso de deformación ruptura en las placas de Nazca debajo de la placa continental, esto sugiere que los sismos en la parte norte de la región que ya tiene influencia en la región selva, tienen un origen de subducción, claro ejemplo de ello es la profundidad de los sismos dentro de la fuente sismogénica.

Del total de sismo registrado dentro de la fuente podemos indicar que los registros validos instrumentados son 34 eventos es en función de ello que se calcula y se obtiene los datos referentes a los parámetros simogénicos que brindan los elementos suficientes para el cálculo de las aceleraciones máximas identificadas.

Tabla N° 5.4 Calculo F.S N° 1

RANGOS	N° DE SISMIOS	$\Sigma$ INVERSA	LOGARITMO
1.00 1.25	1	34	1.53
1.26 1.50	0	33	1.52
1.51 1.75	0	33	1.52
1.76 2.00	0	33	1.52
2.10 2.25	0	33	1.52
2.26 2.50	0	33	1.52
2.51 2.75	0	33	1.52
2.76 3.00	0	33	1.52
3.10 3.25	0	33	1.52
3.26 3.50	0	33	1.52
3.51 3.75	2	33	1.52
3.76 4.00	4	31	1.49
4.10 4.25	5	27	1.43
4.26 4.50	13	22	1.34
4.51 4.75	3	9	0.95
4.76 5.00	3	6	0.78
5.10 5.25	2	3	0.48
5.26 5.50	1	1	0.00
5.51 5.75	0	0	0.00
5.76 6.00	0	0	0.00
6.10 6.25	0	0	0.00
6.26 6.50	0	0	0.00
6.51 6.75	0	0	0.00

Como resultado de esta fuente se puede observar que la tasa de excedencia sísmica es relativamente baja, esto indica que la frecuencia de los eventos en relación al espectro de tiempo considerado de medición es baja.

Producto del cálculo estadístico de los registros expresados en el catálogo sísmico del IGP, pudimos obtener cuadros de calculo que nos muestran el nivel de la tasa, así como las relaciones entre recurrencia y magnitud sísmica registrada, este elementos nos ayuda a definir establecer valores de Beta, útil para el cálculo de las aceleraciones sísmicas.

Grafico N° 5.5 Curva Logarítmica de la F.S N° 1

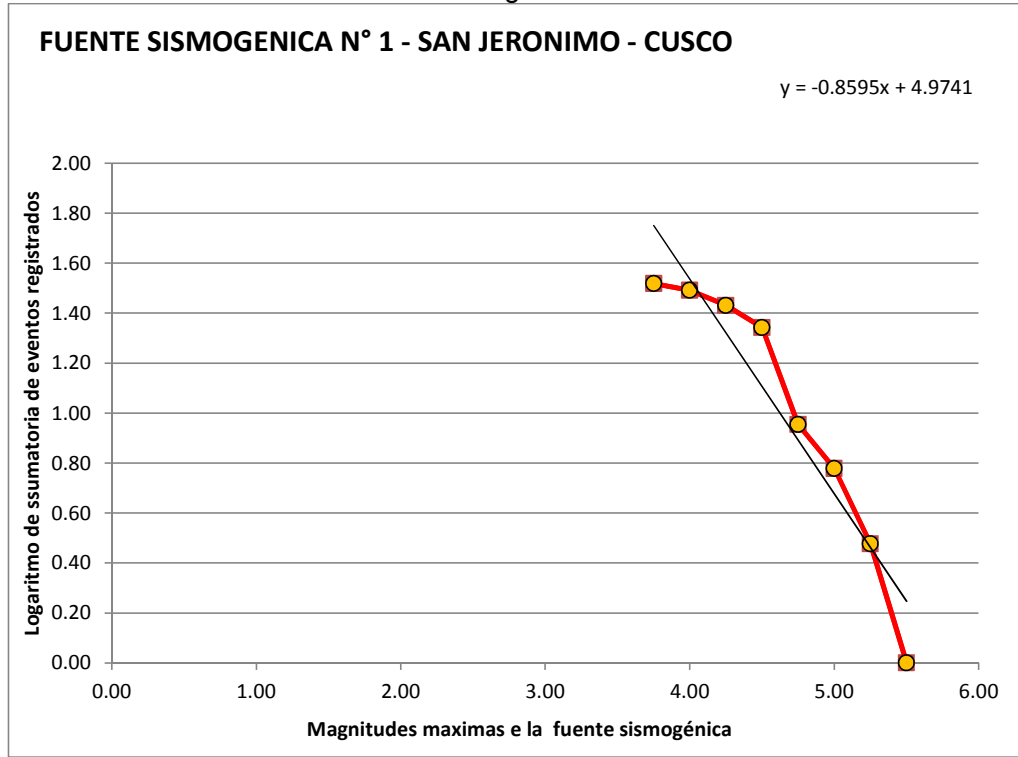
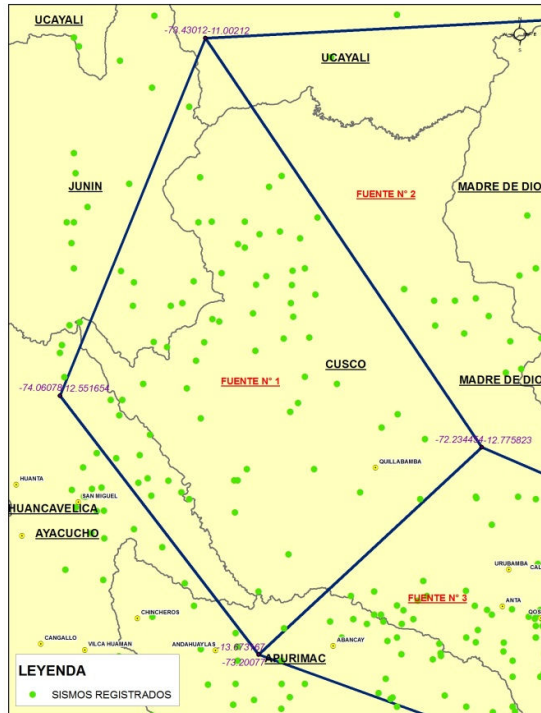


Figura N° 5.3 Fuentes sismogénicas N° 1



**b. Características de la Fuente 2**

Tabla N° 5.5 de Calculo F.S N° 2

RANGOS	N° DE SISMOS	Σ INVERSA	LOGARITMO	
1.00	1.25	0	23	1.36
1.26	1.50	0	23	1.36
1.51	1.75	0	23	1.36
1.76	2.00	0	23	1.36
2.10	2.25	0	23	1.36
2.26	2.50	0	23	1.36
2.51	2.75	0	23	1.36
2.76	3.00	0	23	1.36
3.10	3.25	0	23	1.36
3.26	3.50	0	23	1.36
3.51	3.75	2	23	1.36
3.76	4.00	0	21	1.32
4.10	4.25	1	21	1.32
4.26	4.50	10	20	1.30
4.51	4.75	3	10	1.00
4.76	5.00	2	7	0.85
5.10	5.25	3	5	0.70
5.26	5.50	1	2	0.30
5.51	5.75	0	1	0.00
5.76	6.00	0	1	0.00
6.10	6.25	0	1	0.00
6.26	6.50	1	1	0.00
6.51	6.75	0	0	

Las características sismológicas de la fuente N° 2, muestra diferentes componente neotectonicos, en los que predomina el comportamiento del proceso de deformación en las placas de Nazca debajo de la placa continental, esto sugiere que los sismos en la parte norte de la región que ya tiene influencia en la región selva, tienen un origen de subducción, claro ejemplo de ello es la profundidad de los sismos en esta fuente.

Del total de sismo registrado dentro de la fuente podemos indicar que los registros validos instrumentados son 23 eventos es en función de ello que se calcula y se obtiene los datos referentes a los parámetros simogénicos que brindan los elementos suficientes para el cálculo de las aceleraciones máximas identificadas.

Como resultado de esta fuente se puede observar que la tasa de excedencia sísmica es mayor que la fuente N° 1 lo que indica que la frecuencia de los eventos en relación al espectro de tiempo considerado de medición es media.

Producto del cálculo estadístico de los registros expresados en el catálogo sísmico del IGP, pudimos obtener cuadros de calculo que nos muestran el nivel de la tasa, así como las relaciones entre recurrencia y magnitud sísmica registrada, este elementos nos ayuda a definir establecer valores de Beta, útil para el cálculo de las aceleraciones sísmicas asi como lo demuestra la relación de la ecuación línea producto de la vinculación entre valores de rangos y logaritmo de las magnitudes.

Grafico N° 5.6 Curva Logarítmica de la F.S N° 2

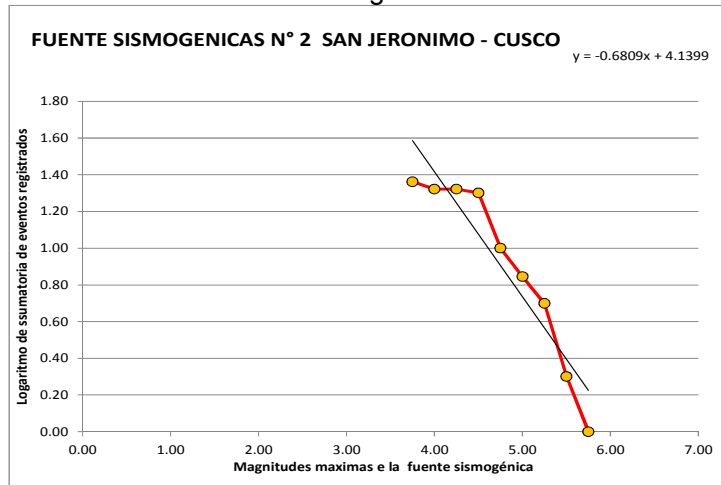
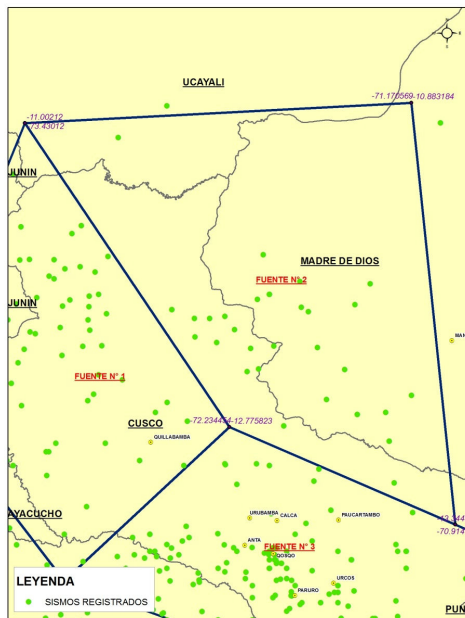


Figura N° 5.4 Fuentes sismogénica N° 2



### c. Características de la Fuente 3

Las características sismológicas de la fuente N° 3, muestra un claro componente estructural, en relación a la mayoría de sismo originados en este sector, ya que muestran, las características de sismos superficiales, generados en los primeros 20 a 25 kilómetros de profundidad de la corteza, incluso en algunos casos muy superficial, con profundidades de 1 a 5 kilómetros, estos eventos en esta zona se caracterizador su gran poder destructivo , y coincide lamentable me con las zonas más pobladas de la región donde se ubica el distrito de San Jerónimo, ya que aquí es donde se ubica la falla geológicas activas, uno de los sismos más representativo es el ocurrido en el año 1950 en la ciudad de Cusco.

Tabla N° 5.6 de Calculo F.S N° 3

RANGOS	N° DE SISMOS	Σ INVERSA	LOGARITMO	
1.00	1.25	1	128	2.11
1.26	1.50	0	127	2.10
1.51	1.75	0	127	2.10
1.76	2.00	0	127	2.10
2.10	2.25	0	127	2.10
2.26	2.50	0	127	2.10
2.51	2.75	0	127	2.10
2.76	3.00	0	127	2.10
3.10	3.25	7	127	2.10
3.26	3.50	8	120	2.08
3.51	3.75	11	112	2.05
3.76	4.00	19	101	2.00
4.10	4.25	19	82	1.91
4.26	4.50	22	63	1.80
4.51	4.75	5	41	1.61
4.76	5.00	20	36	1.56
5.10	5.25	6	16	1.20
5.26	5.50	3	10	1.00
5.51	5.75	0	7	0.85
5.76	6.00	1	7	0.85
6.10	6.25	1	6	0.78
6.26	6.50	3	5	0.70
6.51	6.75	0	2	0.30
6.76	7.00	2	2	0.30

Del total de sismo registrado dentro de la fuente podemos indicar que los registros validos instrumentados son 128 eventos, está en función de ello que se calcula y se obtiene los datos referentes a los parámetros simogénicos que brindan los elementos suficientes para el cálculo de las aceleraciones máximas identificadas.



Como resultado de esta fuente se puede observar que la tasa de excedencia sísmica es mayor que la fuente N° 1 y 2.

Producto del cálculo estadístico de los registros expresados en el catálogo sísmico del IGP, pudimos obtener cuadros de calculo que nos muestran el nivel de la tasa, así como las relaciones entre recurrencia y magnitud sísmica registrada, este elementos nos ayuda a definir establecer valores de Beta, útil para el cálculo de las aceleraciones sísmicas así como lo demuestra la relación de la ecuación línea producto de la vinculación entre valores de rangos y logaritmo de las magnitudes.

Grafico N° 5.7 Curva Logarítmica de la F.S N° 3

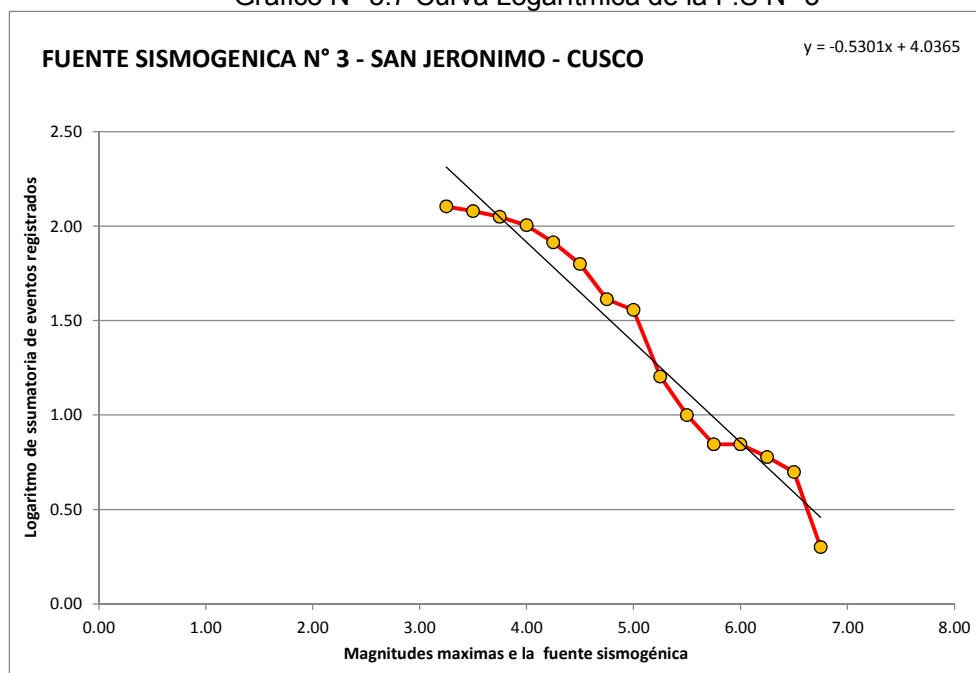




Tabla N° 5.7 Cálculo de F.S N° 4

RANGOS	N° DE SISMOS	Σ INVERSA	LOGARITMO	
1.00	1.25	0	486	2.69
1.26	1.50	0	486	2.69
1.51	1.75	0	486	2.69
1.76	2.00	0	486	2.69
2.10	2.25	0	486	2.69
2.26	2.50	64	486	2.69
2.51	2.75	34	422	2.63
2.76	3.00	135	388	2.59
3.10	3.25	54	253	2.40
3.26	3.50	25	199	2.30
3.51	3.75	16	174	2.24
3.76	4.00	19	158	2.20
4.10	4.25	27	139	2.14
4.26	4.50	37	112	2.05
4.51	4.75	26	75	1.88
4.76	5.00	23	49	1.69
5.10	5.25	13	26	1.41
5.26	5.50	8	13	1.11
5.51	5.75	2	5	0.70
5.76	6.00	2	3	0.48
6.10	6.25	0	1	0.00
6.26	6.50	0	1	0.00
6.51	6.75	0	1	0.00
6.76	7.00	1	1	0.00

Las zonas que abarca la fuente sismogénica, muestra las condiciones de peligro y una recurrencia alta, en abarca toda la zona sur de Cusco, donde se presenten mayores niveles de amplificación considerando la conformación del suelo que en muros de los casos son poco competentes.

Del total de sismo registrado dentro de la fuente podemos indicar que los registros validos instrumentados son 486 eventos, está en función de ello que se calcula y se obtiene los datos referentes a los parámetros simogénicos que brindan los elementos suficientes para el cálculo de las aceleraciones máximas identificadas.

Como resultado de esta fuente se puede observar que la tasa de excedencia sísmica es mayor que la fuente N° 1 y 2.

Producto del cálculo estadístico de los registros expresados en el catálogo sísmico del IGP, pudimos obtener cuadros de calculo que nos muestran el nivel de la taza, así como las relaciones entre recurrencia y

magnitud sísmica registrada, este elementos nos ayuda a definir establecer valores de Beta, útil para el cálculo de las aceleraciones sísmicas así como lo demuestra la relación de la ecuación línea producto de la vinculación entre valores de rangos y logaritmo de las magnitudes.

Figura N° 5.6 Fuentes sísmogénica N° 4

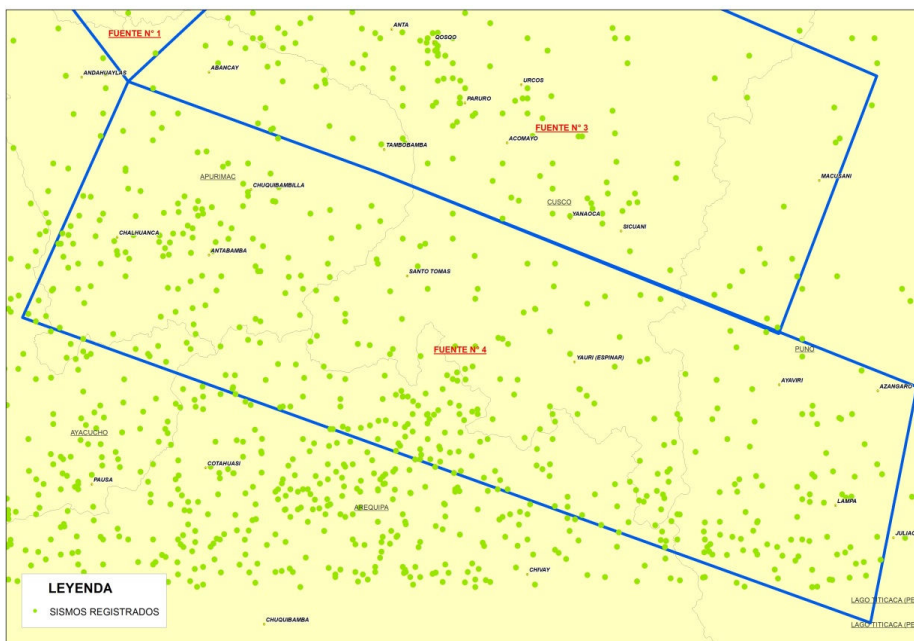
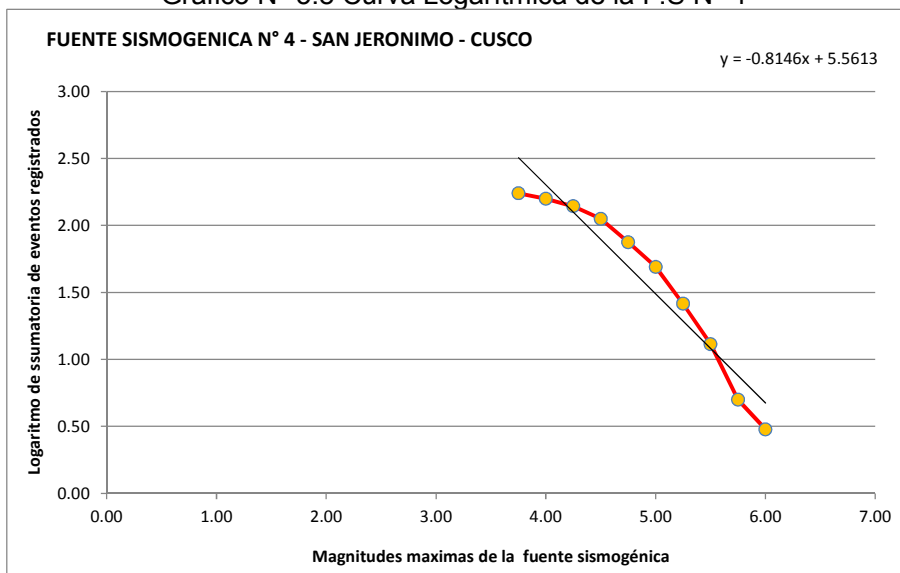


Grafico N° 5.8 Curva Logarítmica de la F.S N° 4



### 5.1.4.3 Estimación de los parámetros sismológicos locales - San Jerónimo

Para el análisis y desarrollo de esta etapa se está considerando el resultado de las fuentes simogénicos generadas en función de las condiciones neotectónicas y la especialización de los ismos registrados en el catálogo sísmico del Instituto Geofísico del Perú – IGP.

Debido a las condiciones sísmicas de la región Cusco y puntualmente al distrito de San Jerónimo se a definido trabajar solamente con la relación de magnitudes MS (ondas superficiales) reportadas u obtenidas, MW es calculado usando las expresiones dadas por el ISC (International Seismological Center; Scordilis, 2006):

$$MW = 0.67 (\pm 0.005) MS + 2.07 (\pm 0.03) \quad 3.0 \leq MS \leq 6.1$$

$$MW = 0.99 (\pm 0.02) MS + 0.08 (\pm 0.13) \quad 6.2 \leq MS \leq 8.2$$

Una vez definidas las fuentes sismogénicas, donde se considera los eventos delimitados en cada fuente.

Dado que el proceso de Poisson postula la utilización de datos mutuamente independientes, se procedió a eliminar los eventos sísmicos catalogados como réplicas.

En la Tabla siguiente se presentan los parámetros de sismicidad local de las fuentes sismogénicas Utilizados determinados mediante la estadística de mínimos cuadrados desarrollada.

Tabla N° 5.8 Parámetros de sismicidad local utilizados Cusco – San Jerónimo

	Peso	Mag Min	Mag Max	Taza	Beta	Profundidad
<b>F1</b>	1	3.75	5.50	1.38	1.98	62.0
<b>F2</b>	1	3.75	5.75	2.09	1.57	61.0
<b>F3</b>	1	3.25	6.75	2.40	1.22	54.4
<b>F4</b>	1	3.75	6.50	5.73	1.88	84.0

## Interpretación

Los sismos que se presentan en la zona de Cusco generalmente están directamente asociados al proceso de contacto entre fallas geológicas activas. Estos procesos ocurren en intervalos de profundidad superficial (0 -60 Km), no habiéndose identificado eventos profundos para esta zona.

Según los datos empleados en el presente estudio, los valores hallados para las constantes a y b, sirvieron para definir el número anual medio de sismos espectador de una magnitud determinada. Luego con este criterio se analizó el periodo de retorno teniendo así que los límites críticos de ocurrencia de un próximo evento son para magnitudes de 5.0 y 5.5 mb.

### 5.1.4.4 Cálculo de aceleraciones sísmicas

Para el cálculo de las aceleraciones teóricas en la región Cusco se han seguido las pautas de la metodología PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Assessment*), y los cálculos se realizaron usando el software OpenPSHA desarrollado por Edward H. Field, a través de su módulo escenario shakemap local model.

Para iniciar los cálculos de aceleración sísmica, partimos por la definición de fuentes sísmicas, trabajando con los parámetros calculados. En tal sentido se utilizaron las 4 fuentes sísmicas delimitadas anteriormente, cumplen con la consistencia estadística ya que recubre toda el área de la región y la mayor cantidad de eventos registrados, siendo todos estos considerados para la determinación de los valores de isoaceleración, calculado a partir del modelo de sismicidad descrito por Gutenberg-Ritcher, por lo tanto es este modelo de sismicidad el que usaremos para los cálculos correspondientes. Por otro lado se necesitaron definir los modelos del movimiento fuerte del suelo y modelos de atenuación sísmica asociados a la fuente sismogénica y, se ha establecido que el modelo desarrollado por Ambraseys (1985) es el más adecuado. Otro factor que tomamos en cuenta para los cálculos de las aceleraciones sísmicas desarrolladas anteriormente para la zona sur por parte del CERESIS y el CISMID.

Son las condiciones del suelo a lo largo del área de estudio, para tal caso empleamos la información generada en el estudio a través del componente de mecánica de suelos.

Hechos los cálculos de aceleración se ha generado un mapa para un periodo de retorno de PR=100 años, Un primer análisis de este mapa permite enfatizar los siguientes resultados: las mayores aceleraciones pico PGA, se puede establecer que las zonas próximas a la zona sismogénica N° 3 y la zona sismogénica N° 4 son las de mayor nivel de es en este sentido que se expresa los valores a nivel local, propias para el distrito de San Jerónimo.

Para el periodo de retorno mencionado (100 años) se alcanzan valores máximos de GALS alrededor de 0.352 gals y esto es en el área occidental y central de la región, que es donde se ubica las zonas céntricas de la ciudad y sobre todo el distrito de San Jerónimo. Y se tienen aceleraciones de alrededor de 0.324 gal, como de aprecia en el grafico N° 15 para las otras zonas de máxima amenaza que comprenden las provincias de Cusco, Quispicanchis, Calca, Urubamba Fuera de estas zonas en el extremo sur y las zonas más orientales os valores bajan a 0.228 gals, 0.206 gals. Hasta un mínimo de 0.175 gals en el extremo oriental.

Los valores de Gals, aquí mostrados representan valores referenciales que fueron obtenidos como, ya se mencionó, empleando modelos teóricos e información sísmica de la región y el distrito, en tal sentido los resultados se pueden optimizar empleando modelos más específicos y tomando en cuenta catálogos sísmicos que incluyan la actividad sísmica más locales.

Tabla N° 5.9 Relación de Aceleración y percepción del sismo

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (gals)	Percepción del sismo
I	< 0.0017	No apreciable
II-III	0.0017 - 0.014	Muy leve
IV	0.014 - 0.039	Leve
V	0.039 - 0.092	Moderado
VI	<b>0.092 - 0.18</b>	<b>Fuerte</b>
VII	<b>0.18 - 0.34</b>	<b>Muy fuerte</b>
VIII	0.34 - 0.65	Severo
IX	0.65 - 1.24	Violento
X+	> 1.24	Extremo

Del cuadro anterior podemos ver que la ciudad de Cusco y gran parte de la región se encuentra en un nivel de aceleración sísmica que podría llegar a niveles de VI – VII donde la percepción del evento sísmico podría llegar a calificarse como fuerte y muy fuerte.

Figura N° 5.7 Mapa de Aceleraciones máximas de la Región Cusco





### 5.1.4.5 Evaluación del peligro sísmico en el distrito de San Jerónimo

Para la evaluación final y definición del peligro sísmico del distrito de San Jerónimo se definirá a través de la relación de los tipos de suelo y la relación con los valores de aceleración sísmica para expresar un componente donde se defina las condiciones de impacto sobre la población, el cual servirá para establecer el mapa de riesgo sísmico cuando ya se haya analizado la vulnerabilidad de las estructuras.

Grafico N° 17 Diagrama de flujo para el cálculo del Peligro Sísmico

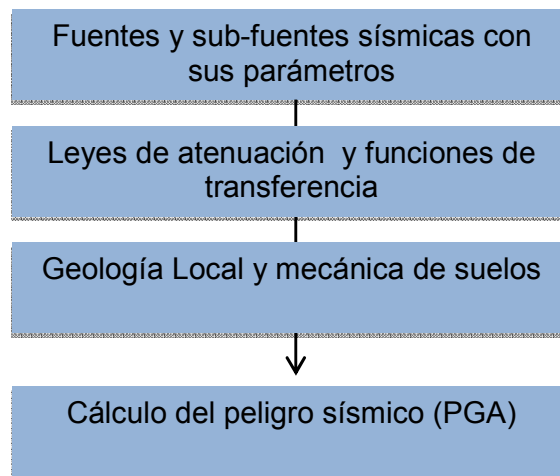


Tabla N° 5.10 Parámetros del suelo en el área urbana del distrito de San Jerónimo.

Símbolo de Tipo de Suelos	Características
<b>GW</b>	Grava bien graduadas, mezclas grava y arena poco finos o sin finos
<b>CL</b>	Suelo de Arcilla con contenido de limo en porcentaje mínimo, flojo a medianamente compacto. El valor de la Capacidad de Carga Admisible se encuentra dentro del Rango de 1.00 a 1.65Kg/Cm2
<b>GM</b>	Suelo Grava limosa contiene grava menuda en porcentaje mínimo sus clastos son de contorno redondeado (sector planicie Pillao-Matao). Ver Plano Geotécnico
<b>GM- GC</b>	Suelo grava limo-arcillosa con arena y fragmentos de roca de tamaño variado, sus clastos son de contorno anguloso a sub-anguloso, el contenido de finos que pasa la malla N° 200 representa mayor del 15%. El valor obtenido de la Capacidad de Carga Admisible se encuentra dentro del rango de 1.5 a 2.0 Kg/Cm2.
<b>GP</b>	Grava Pobrementemente Graduada, contiene fragmentos de roca de tamaño variado, sus clastos son de contorno Sub-anguloso, el contenido de finos representa menor al 5%. El valor de la capacidad de Carga Admisible está dentro del rango de 1.50 a 2.0Kg/Cm2.
<b>ML - CL</b>	Se presenta en la franja de terreno desde la altura del C.I.P. por ambos lados de

	la pista que se extiende en forma paralela hasta la altura de la entrada a la Granja Kayra (UNSAAC), el tipo de suelo presente en esta área se clasifica según SUCS como Limo-arcilloso con arena, medianamente compacta, el contenido de finos son más de 15%. El valor de la Capacidad de Carga Admisible está en el rango de 1.00 a 1.50 Kg/Cm <sup>2</sup> .
<b>SM</b>	Arena Limosa, medianamente compacta. El valor de la Capacidad Admisible está dentro del rango de 1.00 a 1.55Kg/Cm <sup>2</sup> .
<b>SP</b>	Arena con limo, poco compacta. El valor de la Capacidad de Carga es de 1.45kg/Cm <sup>2</sup> . (sector de las Ladrilleras).

Una vez establecido los tipos de suelo en función de sus condiciones y características geotécnicas y desarrollado el cálculo de las aceleraciones sísmicas máximas para un periodo de retorno de 100 años, vemos el comportamiento de los diferentes tipos de suelo a los posibles efectos de un sismo, que como principal característica muestra niveles de profundidad bajo, una tasa de excedencia media y valores de magnitud que oscilan entre los 3.5 – 5.5 Mb.

Es importante mencionar que las anomalías de la aceleración sísmica realizadas han permitido realizar correlaciones entre la intensidad y las condiciones geotécnicas y topográficas específicas del distrito San Jerónimo con el fin de zonificar y delimitar distintas zonas en función de su capacidad para amplificar el daño sísmico.

El distrito de San Jerónimo se caracteriza geológicamente por una amplia variedad de unidades geológicas que incluyen rocas sedimentarias, suelo aluvial con un grado de consolidación medio a bajo y depósitos de suelo de tipo arcilloso, saturados y de reciente deposición.

Los depósitos más profundos están sobre consolidados, en cambio la unidad más superficial una arcilla limosa se depositó en el cuaternario, por lo que se trata de un material poco consolidado, de compresibilidad elevada y de consistencia variable en función de la profundidad: es blanda cerca de la superficie y tiene una consistencia media a cierta profundidad. Considerando lo abrupto del terreno del distrito de San Jerónimo, vemos que los efectos locales de un posible sismo en el distrito, debido a la interacción del campo de propagación de las ondas sísmicas y las irregularidades del terreno. Podría desencadenar la activación y

desprendimiento de las zonas altamente inestables ya identificadas las cuales se pueden clasificar en superficiales y subsuperficiales.

Las primeras son aquéllas relacionadas con la topografía del terreno e incluyen los efectos provocados por taludes, donde predomina ampliamente el deslizamiento de Pícol. Y otros en la parte superior del distrito en la margen izquierda del río Huatanay.

Considerando los elementos obtenidos a través de los estudios de mecánica de suelos, podemos identificar las zonas potencialmente más peligrosas dentro el distrito de San Jerónimo. (Ver anexo de Condiciones de Peligro por geotecnia y sísmica)

#### a. Tipo de evaluación

Para determinar la zonificación final se considera una relación de variables expresadas en la tabla N° 5.14, que establece las prioridades y los elementos que intervienen en el análisis.

Para definir los rangos se estableció cuartiles tomando como referencia los valores extremos, como se muestra en la tabla N° 5.11.

Tabla N° 5.11 Niveles de Peligro

Nivel de Peligro	Rango		SIMBOLO
<b>Muy Alto</b>	20	16	MA
<b>Alto</b>	15	12	A
<b>Medio</b>	11	8	M
<b>Bajo</b>	7	4	B

#### b. Parámetros y nivel de la evaluación

En la tabla N° 5.12, se han escogido los cuatro (4) niveles para cada una de las evaluaciones del potencial del peligro sísmico. basándonos en las clasificaciones dada por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, planteamos los 4 Rangos establecidos.

Cuadro N° 5.12 Matriz de peligros

Nivel De Peligro	Significado	Signo	Índice
Muy Alto	Destructor	D	4
Alto	Severo	S	3
Medio	Importante	I	2
Bajo	Algunos daños	AD	1

Partiendo de esta clasificación se definió los parámetros dados por aspectos geotécnicos trabajados por el Ing. Alberto Martínez Vargas.

Tabla N° 5.13 Niveles de Zonificación Sísmica –  
Geotécnica normas internacional TC – 4 (1993)  
Traducción: A. Martínez Vargas (1994)

GEOTÉCNICO \ NIVEL	GRADO - 1	GRADO - 2	GRADO - 3
MOVIMIENTOS DEL SUELO (M.D.S.)	Historia de los terremotos Información existente. Mapas geológicos Entrevistas a residentes	Micro tremor. Estudio geotécnico simplificado.	Investigación geotécnica. Análisis de la respuesta del suelo.
ESTABILIDAD DE TALUDES (E.D.T.)	(=) (M.D.S) (+) Mapa geomorfológico (-) Entrevistas a residentes	Aéreo fotos y sensores remotos Estudio de campo. Datos de vegetación precipitación	Investigación geotécnica Análisis.
LICUACIÓN	(=) (E.D.T.)	(=) (EDT) (+) Entrevistas a residentes. (-) Vegetación y precipitación.	(=) (EDT)
MAPAS ESCALAS	1 : 1000,000 ~ 1 : 50,000	1:100,000 ~ 1 :10,000	1 : 25,000 ~ 1 : 5000

*Referencia: Manual for zonation for seismic geotechnical hazards. Prepared by the Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, of the International Society for Soil.*

*Mechanics and Foundation Engineering. Published 1993 by Japanese Society of Mechanism and Foundation in Tokyo*

### c. Justificación del método

Se recurre a métodos simplificados en la evaluación del riesgo sísmico en zonas de formación urbana donde predominan los asentamientos humanos en laderas y zonas inestables

El aplicar métodos sofisticados en AAHH implicaría costos muy elevados y un esfuerzo computacional muy grande.

VARIABLES DEL ANÁLISIS:

#### **Aceleraciones sísmicas**

Este parámetro nos define el nivel de aceleración que alcanza las ondas sísmicas en función del cálculo estadístico desarrollado, el cual parte de elementos como la tasa de excedencia sísmica, valores máximos dentro de las fuentes sismogénicas.

***Filtración:***

Elemento definido en función del tipo de suelo, esto implica que zonas sujetos a la mayor deposición de agua serán susceptibles a una mayor inestabilidad, considerando que existe la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico.

***Tipo de suelos:***

La conformación de un suelo específico determina las condiciones de respuesta tanto de amplificación de las aceleraciones sísmicas, es en este sentido que vemos que las zonas de menor consistencia es decir de material fino, serán las zonas de mayor amplificación y por ende de mayor peligro.

***Proximidad al foco sísmico:***

En general todo el distrito está altamente expuesto a zonas sísmicamente activas, lo que genera alto niveles de peligro sísmico, considerando que la ocurrencia de estos sismos en su mayoría es de origen superficial, sobre los 30 km.

***Licuefacción de Suelos:***

Es un elemento que sirve para definir el nivel de peligro en una zona determinada, que está en relación al comportamiento mecánico de los suelos, en escenarios en el que se produce un evento sísmico en suelos saturados producto de la presencia de la napa freática elevada, llegando incluso a perder todas sus condiciones mecánicas, generando el colapso de las estructuras asentadas.

Tabla N° 5.14 Nivel del impacto por condiciones Sísmicas y Geotécnicas de los suelos en el distrito San Jerónimo

Evaluación Del Peligro De San Jerónimo						
Peligros / componentes	Variable Físicas					Nivel de Peligro
	Aceleracion es sísmicas	Filtración	Tipo de suelos	Proximidad al foco sísmico	Licuefacción	
<b>Áreas ocupadas en suelos de tipo:</b>						
GW – Gravas bien graduadas	3	2	1	4	1	11
CL – Arcilla baja plasticidad	3	3	3	4	3	16
GM – Gravas limosas	3	2	2	4	2	13
GM – GC – Gravas limosas arcillosas	3	2	2	4	2	13
GP – Grava pobremente graduada	3	2	2	4	2	13
ML – CL Limo arcilla de baja plasticidad	3	3	3	4	3	16
SM – Arenas Limosas	3	3	3	4	3	19
SP – Arenas pobremente graduadas	3	3	3	4	3	16

#### 5.1.4.6 Mapa de peligro sísmico geotécnico

Los colores y los niveles del peligro, son establecidos por la metodología planteada en el Manual de Estimación de Riesgos del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, y en referencia al peligro producto de eventos sísmicos y condiciones de suelo tomamos como referencia los documentos desarrollados por el Ing. A. Martínez Vargas (1994)

- El peligro medio expresado en color amarillo condiciones de aceleración que van entre 0.32 - 0.34 g. muestra bajos niveles de filtración con condiciones de suelo medios producto de material compacto, conglomerado, con capacidad de carga admisible de 1.7 y una cohesión de 0.32, valores de humedad bajos, pero se encuentra cerca a los focos sísmicos identificados, no presenta probabilidad de ocurrencia de licuefacción.
- El peligro alto expresado en color naranja condiciones de aceleración que van entre 0.32 - 0.34 g. muestra niveles de filtración medios con condiciones de suelo malos producto de material alterado, poco consolidado, con capacidad de carga admisible de 1.2 – 1.7 y una cohesión promedio de 0.32, valores de humedad medios, estos suelos al igual que la anterior clasificación muestran proximidad a los focos

sísmicos identificados, no presenta probabilidad baja de ocurrencia de licuefacción.

- El peligro muy alto expresado en color naranja con condiciones de aceleración que van entre 0.34 - 0.32 g. muestra niveles de filtración altos, con condiciones de suelo malos producto de material alterado, poco consolidado, con capacidad de carga admisible de 1.0 – 1.2 y una cohesión promedio de 0.56, valores de humedad altos, estos suelos al igual que la anterior clasificación muestran proximidad a los focos sísmicos identificados, y por la presencia de agua existe alta probabilidad de ocurrencia de licuefacción de suelos.

## **5.2. GEODINAMICA EXTERNA**

### **5.2.1. Análisis histórico**

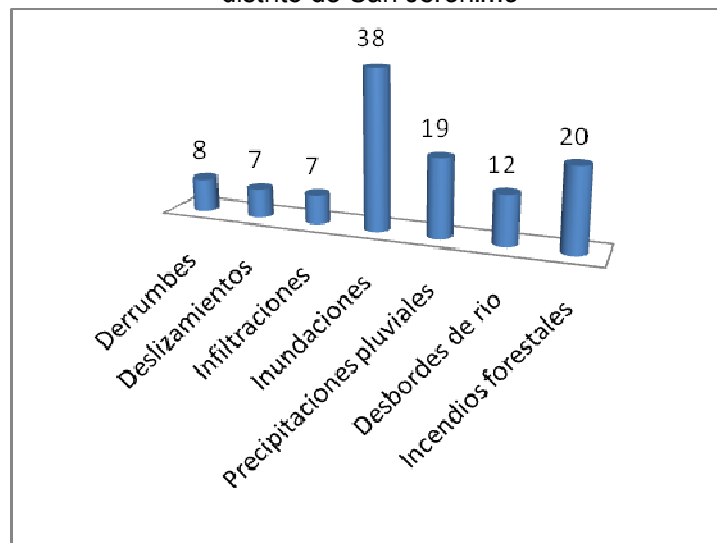
#### **Eventos registrados en el distrito de San Jerónimo**

Este análisis se realizó en base a la información, comprendida entre el año 1972 y enero del 2013, de diferentes instituciones como el Comité Distrital de Defensa Civil de San Jerónimo (CDDCSJ), la Compañía de Bomberos Voluntarios del Perú de San Jerónimo (CBVP 119 -SJ) y de reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) a través del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SINPAD). A partir de dicha información se elaboraron dos cuadros: el “Registro documentado de Movimiento de Remoción en Masa (MRM) del distrito de San Jerónimo” y el “Registro documentado de peligros asociados a MRM del Distrito de San Jerónimo”. (Ver anexo Análisis de peligros - registro histórico).

Es necesario mencionar que al momento del registro de emergencias y clasificación de los peligros, muchas de las fichas no fueron llenadas adecuadamente, debidas a la falta de conocimientos en temas relacionados a la gestión de riesgos de desastre. A continuación se presentan los aspectos más importantes obtenidos de dicho análisis en relación a los MRM:

- **Derrumbes.-** Se registraron 08, asociados principalmente a las precipitaciones pluviales, la mayoría de ellos en Comunidades Campesinas
- **Deslizamientos.-** Se registraron 07, asociados a las lluvias intensas con presencia tanto en la zona urbana como en las Comunidades Campesinas, el más importante de ellos ubicado en el Cerro Pícol.
- **Infiltraciones.-** Se registraron 07 en total, asociadas fundamentalmente a las malas prácticas de construcción, todas ellas en el área urbana.
- **Inundaciones.-** Se registraron 38, fundamentalmente vinculadas a las lluvias intensas que desbordan el río Huatanay.
- **Incendios forestales.-** Se identificaron 20, vinculados a malas prácticas agrícolas, todos ellos en Comunidades Campesinas.
- **Precipitaciones pluviales.-** Son 19 eventos registrados, casi todos afectaron a las Comunidades Campesinas del Distrito.
- **Desbordes de río.-** Contamos con 12 eventos asociados fundamentalmente a las lluvias intensas, todos ellos registradas en el área urbana.

Gráfico N° 5.9 Peligros hidrometeorológicos asociados a MRM registrados en el distrito de San Jerónimo







La mayor concentración de estos eventos se da dentro del área urbana, donde destacan las inundaciones del río Huatanay principalmente en las quebradas donde existe una gran concentración de hornos para la fabricación de tejas y ladrillos en la quebrada tejas - ladrillos y Huachayoq, esto debido al desborde del río Huatanay en esta zona, otro sector importante lo constituye Chimpahuaylla en donde también se registraron este tipo de eventos. Existe una gran concentración de derrumbes en el sector de La Rinconada, que puede ser debido al tipo de material encima del cual se construyen las viviendas, así como, por las precipitaciones pluviales y la vulnerabilidad física de las construcciones. Hacia el este del área urbana, en Collana, existe una concentración importante de incendios forestales asociados principalmente a las inadecuadas prácticas agrícolas, este tipo de peligro también se registra en las comunidades campesinas al norte, en Pícol Orcompujio.

Además de los mencionados, se tienen registros, en la quebrada Thuniyoc Huayco, de eventos que están íntimamente ligados al deslizamiento del Cerro Pícol, que si bien es cierto no se ubica políticamente dentro del distrito de San Jerónimo su influencia se extiende hasta las urbanizaciones de Larapa e Ingenieros que si están dentro, en esta zona se identificaron también inundaciones, derrumbes, deslizamientos e incendios forestales.

### **5.2.3. Clasificación de los Movimientos de Remoción en Masa (MRM) en el distrito**

Actualmente existen varias formas de clasificar los MRM, diferentes autores no entran en consenso para unificar los conceptos y metodologías, esto se complica por la variedad de condiciones de nuestro territorio por su diversidad de climas, topografía accidentada y ubicación geográfica en el mundo.

Los estudios realizados en el distrito de San Jerónimo, orientados a la gestión de riesgos de desastres, citados en los antecedentes del presente trabajo (Ver Capítulo I ) tipifican a los movimientos de remoción en masa

como deslizamientos y aluviones únicamente, para la descripción del presente estudio tomamos como base la publicación desarrollada por el proyecto multinacional andino: Geociencias para las comunidades andinas: “Movimientos en masa de la región andina”, publicación desarrollada el año 2007 por el grupo de trabajo de estándares para movimientos en masa (GEMMA), en el cual se describen los distintos tipos de movimientos a partir de experiencias propias de cada región de los andes uniformizando, sistematizando y caracterizándolas según sus propias particularidades, esta metodología también es utilizada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), institución gubernamental especializada en este tipo de estudios y aceptada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENEPRED).

Para un mejor entendimiento, se clasificaron por códigos, los cuales empiezan de acuerdo al símbolo del subtipo de MRM seguido de la numeración respectiva (Ver anexo Fichas de movimientos de remoción en masa).

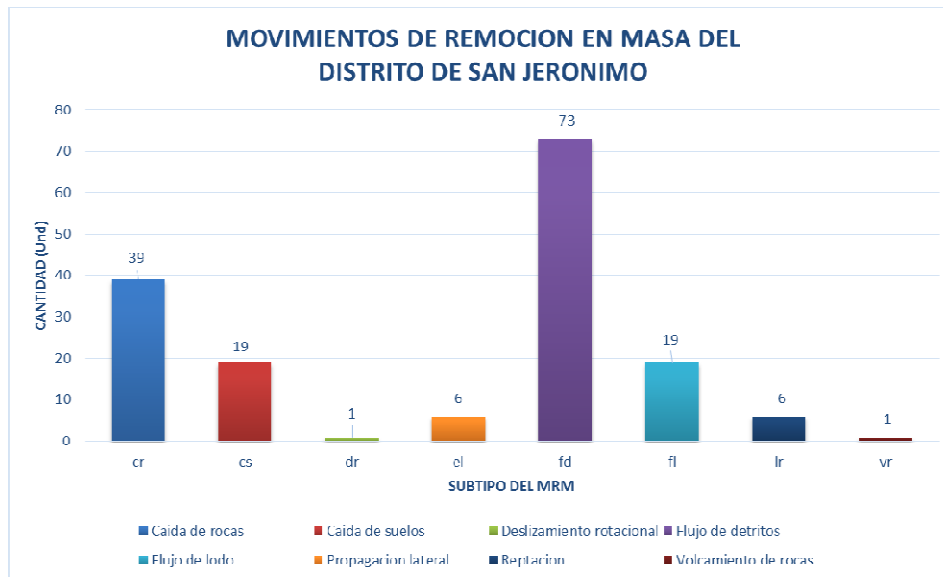
Tabla N° 5.15 Movimientos de Remoción en Masa del Distrito de San Jerónimo

Tipo	Subtipo	Símbolo	Cantidad (Und.)	Área (ha)
<b>Caídas</b>	Caída de rocas	CR	39	173.18
	Caída de suelos	CS	19	15.65
<b>Deslizamiento de roca o suelo</b>	Deslizamiento rotacional	DR	1	2.48
<b>Propagación lateral</b>	Propagación lateral	EL	6	3.62
<b>Flujo</b>	Flujo de detritos	FD	73	241.81
	Flujo de lodo	FL	19	52.83
<b>Reptación</b>	Reptación	LR	6	8.47
<b>Volcamiento</b>	Volcamiento de rocas	VR	1	0.81
<b>TOTALES</b>			<b>168</b>	<b>499.83</b>

Dentro del área de estudio se lograron identificar 6 tipos de MRM los cuales se subdividen en 8 subtipos. El número total de MRM registrados es de 168 equivalente a 499.83 hectáreas, los flujos de detritos destacan

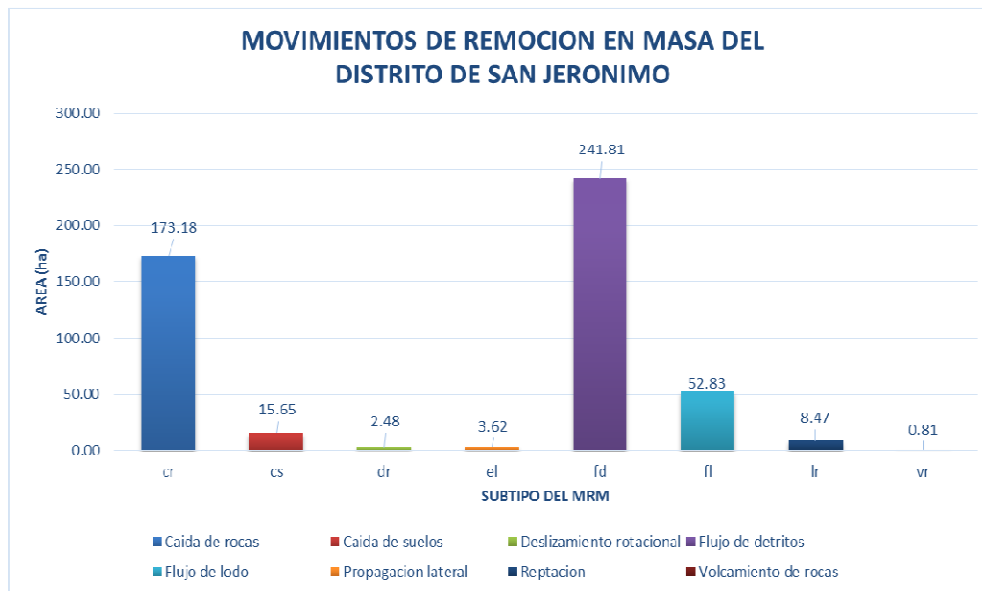
con 73 unidades seguidos por las caídas de rocas con 39, caída de suelos y flujos de lodo con 19, y en menor cantidad los deslizamientos rotacionales y volcamiento de rocas. (Ver Cuadro 5.15). Al realizar un análisis comparativo por “tipo” de evento, se observa que tanto las caídas como los flujos son los más importantes en cantidad a nivel del distrito.

Grafico 5.10. Movimientos de Remoción en Masa del Distrito de San Jerónimo



Al analizar las áreas afectadas por tipo de MRM en forma directa las diferencias son más marcadas y que los Flujos de detritos afectan 241.81 ha, seguido de las caídas de roca con 173.18 ha, siendo os de menor afectación los deslizamientos rotacionales seguido de los volcamientos de roca con 2.48 y 0.81 ha respectivamente.

Grafico 5.11. Áreas de presencia de Movimientos de Remoción en Masa



Para un mejor entendimiento, a continuación se describen las principales características de los MRM del distrito, las mismas que se encuentran detalladas en los anexos contenidos al final del presente estudio.

#### 5.2.4. Movimientos de remoción en masa y su ocurrencia en el área de estudio

**Caída (Fall).**- La caída 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). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s.

*Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento. Las laderas de pendiente alta son usualmente la fuente de caídas de roca o de suelo. Para una mejor clasificación se hizo una distinción entre las caídas de suelo y caídas de rocas.*

#### **Caídas de roca.-**

Se encontraron 39 MRM de este tipo, los cuales afectan en forma directa a un área de 173.18 ha, a continuación señalamos la ubicación exacta de los mismos.

Tabla N° 5.16 Caídas de roca del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas		Área
		Este	Norte	
1	CR-01	187707	8504700	22.89
2	CR-02	188350	8505197	7.00
3	CR-03	189149	8505186	10.08
4	CR-04	189351	8505479	1.86
5	CR-05	189461	8505331	0.70
6	CR-06	191299	8504692	0.02
7	CR-07	191779	8504128	6.59
8	CR-08	191590	8504053	0.13
9	CR-09	192281	8504320	1.06
10	CR-10	192313	8503844	13.61
11	CR-11	192752	8504006	1.63
12	CR-12	192517	8503580	4.58
13	CR-13	192796	8503384	8.90
14	CR-14	193008	8503623	0.25
15	CR-15	193051	8503830	2.38
16	CR-16	191235	8503448	1.76
17	CR-17	190110	8501577	0.11
18	CR-18	191234	8501229	0.15
19	CR-19	188506	8495670	0.16
20	CR-20	191847	8495032	2.65
21	CR-21	191958	8494949	1.46
22	CR-22	192142	8495007	2.04
23	CR-23	189585	8494599	2.43
24	CR-24	190824	8494381	0.22
25	CR-25	191719	8494639	1.58
26	CR-26	192287	8494539	0.60
27	CR-27	192076	8494315	7.14
28	CR-28	192425	8494166	6.57

<b>29</b>	CR-29	192673	8494292	4.57
<b>30</b>	CR-30	192215	8494029	1.51
<b>31</b>	CR-31	190251	8494003	1.02
<b>32</b>	CR-32	190891	8493843	1.91
<b>33</b>	CR-33	192533	8493641	0.92
<b>34</b>	CR-34	187593	8493920	32.55
<b>35</b>	CR-35	191418	8492780	2.09
<b>36</b>	CR-36	192859	8493299	1.30
<b>37</b>	CR-37	193253	8492896	10.13
<b>38</b>	CR-38	193151	8492675	0.78
<b>39</b>	CR-39	192126	8491942	7.83

Se pueden distinguir 2 sectores bien diferenciados, estos son:

- Al norte, entre el Cerro Huaynapicol por el Oeste y la pampa Astapampa por el Este, asociados a rocas sedimentarias de la Formacion Kayra y rocas volcánicas de la Formacion Rumilcolca, el grado de fracturamiento está controlado por las fallas con dirección NO-SE y O-E del sistema de fallas Pachatusan; geomorfológicamente son parte de las vertientes de montaña disectadas y altiplanicies disectadas; la pendiente fluctúa entre 10° a 40°, es decir, de moderadamente inclinada a empinada; la cobertura vegetal se caracteriza por ser de uso agrícola y de extracción de material minero no metálico; presenta un proceso erosivo pluvial de ligero a moderado con laminaciones evidentes a intensas y surcos de comunes a escasos.
- Al sur, entre el Cerro Huanacaure y el Cerro Toctohuampa en los límites con los distritos de Yaurisque y Lucre, se encuentran asentados en rocas de las Formaciones Kayra, Soncco y Punacancha; geomorfológicamente están ubicados en Vertientes de Montañas Empinadas, con una pendiente de 10° a más de 40°, es decir de moderadamente inclinada a muy empinada; presenta una cobertura vegetal variada que va de estrato bajo denso de Chachacomo pasando por Matorral denso inerme, pajonal y césped de puna y roquedal con pajonal de puna; tiene un uso de suelo forestal y pecuario; el grado de



erosión se caracteriza por ser pluvial ligero con presencia de surcos escasos, surcos comunes, surcos y cárcavas comunes.



Foto 5.1 (a) Canteras de yacimiento mineros no metalicos ubicados al Este de la CC de Huacoto



(b) Las rocas cortadas para uso como piedra laja, (c) casa de vigilancia hecha con material de la cantera



(d) Caidas de rocas producto de la inadecuada explotacion del yacimiento no metalico



De todas las caídas de rocas las más importantes se encuentran ubicadas hacia el norte debido a la actividad extractiva de piedras lajas de la Comunidad Campesina de Huacoto

#### Caída de suelo.-

Se presentan 19 puntos a nivel distrital, con una afectación directa de 15.65 ha. A continuación se presenta la ubicación exacta de las caídas de suelo.

Tabla N° 5.17 Caída de suelos del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas		Área
		Este	Norte	
1	CS-01	191164	8504606	0.81
2	CS-02	191913	8504628	0.24
3	CS-03	190955	8504149	0.66
4	CS-04	191572	8503764	0.16
5	CS-05	191490	8503717	0.12
6	CS-06	190795	8503860	0.12
7	CS-07	190780	8503826	0.08
8	CS-08	191409	8503610	0.45
9	CS-09	191342	8503321	4.99
10	CS-10	190615	8503143	0.75
11	CS-11	185053	8500971	0.55
12	CS-12	185863	8500862	1.62
13	CS-13	186846	8500055	2.01
14	CS-14	187027	8500036	0.13
15	CS-15	189916	8499716	1.12
16	CS-16	188168	8496794	0.47
17	CS-17	188061	8496546	1.26
18	CS-18	189032	8495797	0.07
19	CS-19	190810	8494255	0.03

Existen 3 grupos principales de este tipo de MRM, estas son:

- El primero, ubicado al norte del río Huacotomayo entre los sectores Illapujio, Chinchaymocco y el río Challhuanayoc, asociado a material coluvio-aluvial, con influencia de una falla local con dirección NO-SE paralela a la falla Huchuyqosqo, geomorfológicamente pertenece a las vertientes de montañas empinadas, tiene una pendiente de 30° a >40°,

es decir de empinada a muy empinada, su cobertura vegetal presenta: matorral ralo inerme, bosque de estrato medio ralo de eucalipto, matorral inerme asociado con cultivo en secano y bosque de estrato bajo ralo de Chachacomo, su uso de suelo es de forestal a agrícola y tiene una erosión pluvial moderada en surcos comunes.

- El segundo, al Oeste del distrito entre el sector la Rinconada y la Quebrada Padrechayoc Huayco, tiene una litología compuesta por suelos de la Formación San Sebastián, depósitos aluviales; está relacionada a la falla inferida Cusco, que tiene una dirección aproximada de Oeste a Este, geomorfológicamente comprende el fondo de valle aluvial montaño con una pendiente de  $<10$  a  $20^\circ$ , no presenta cobertura vegetal por estar dentro del área urbana; su uso de suelo está tipificado como de área urbana y surcos y cárcavas abundantes, su grado de erosión es antrópica y pluvial severa.
- El tercero al sur, en el sector Ccollallacta entre los ríos Paccha y Chuspiyoc, asociados a material coluvio-aluvial; geomorfológicamente pertenecen a las montañas de vertientes allanadas con pendiente de moderadamente inclinada a moderadamente empinada; la cobertura vegetal es del tipo matorral inerme asociado con cultivo secano; su uso de suelo es agrícola y el grado de erosión es de tipo pluvial ligero con surcos y cárcavas comunes.

Estas caídas se producen por la extracción del material para el mantenimiento de la carretera Cusco – Paruro.

De los antes mencionados el de mayor importancia lo constituye el CS-13 debido al talud que presenta, este sector actualmente no está siendo explotado para la fabricación de tejas, sin embargo, por las características propias de reviste un peligro muy alto; de igual forma y con las mismas características se encuentran: CS-11 y CS-12 los cuales están ubicados dentro del área urbana. (Ver Mapa de movimientos de remoción en masa y anexo de Perfiles Estatigraficos).



Foto 5.2 Cantera de arcilla y arena en el sector de Padrechayoqhuayco en estado de abandono CS-13, notese la pendiente casi vertical

**Propagación lateral (Lateral Spread).**- *Es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre por deformación interna (expansión) del material. Pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o flujo, pueden desarrollarse y evidenciar deformación plástica de materiales frágiles bajo el peso de una unidad competente, algunos autores afirman que existe una relación entre la propagación lateral y los deslizamientos dependiendo de la importancia de la deformación interna. Muchos casos de propagación lateral podrían incluirse dentro de la categoría de deslizamientos compuestos.*

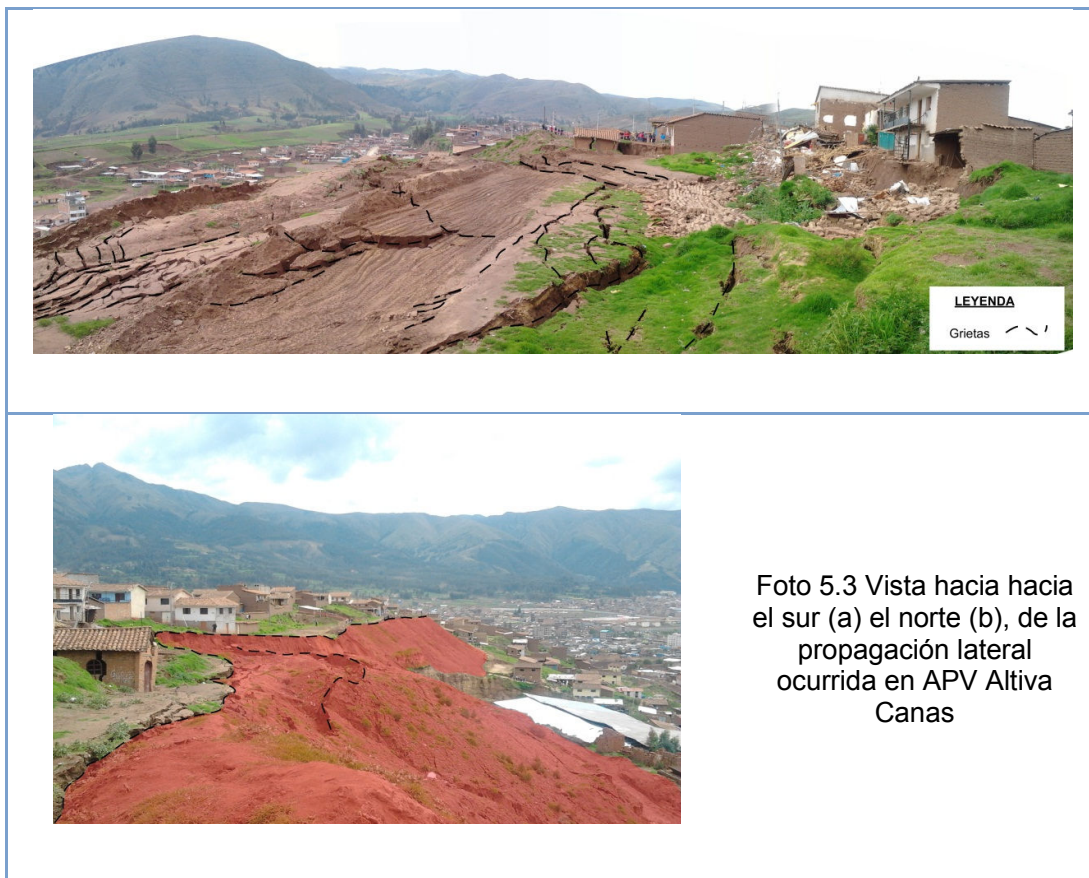
En total se tienen 6 propagaciones laterales que afectan 3.62 ha., todos ellos ubicados entre las quebradas de Pillao-Matao y Tejas y Ladrillos al sur del área urbana del distrito de San Jerónimo.

Tabla N°5.18 Propagaciones laterales del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas		Área
		Este	Norte	
1	EL-01	184910	8500589	0.34
2	EL-02	185644	8500633	1.26
3	EL-03	186035	8500333	0.19
4	EL-04	185800	8500208	0.13
5	EL-05	185929	8499997	0.94
6	EL-06	186151	8499937	0.76

Se caracterizan por tener en su composición material inconsolidado perteneciente a la formación San Sebastián tales como limos, arcillas y arenas, están asociados a la Falla inferida Cusco con dirección Oeste Este; geomorfológicamente están en los fondos de valle aluvial montaño; con una pendiente de  $<10^\circ$  a  $20^\circ$ , es decir de plana moderadamente inclinada; no presenta cobertura vegetal importante, solamente áreas de cultivo en secano en EL-04 y EL-05; el uso de suelo es de ocupación urbano rural y agrícola; mientras que la erosión está caracterizada por ser antrópica y pluvial severa con surcos y cárcavas abundantes.

La más importante por su área y complejidad, la constituye la Propagación lateral EL-02 ubicada en la APV Altiva Canas, el cual presenta un asentamiento en época de lluvias. (Ver Anexo Zonas críticas).



**Flujo (Flow).**- *Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).*

*Hungr et al. (2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas.*

**Flujo de detritos (Debris flow).**- *Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inicia como uno o varios deslizamientos*

*superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de u, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda.*

*Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.*

*La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido descrito y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungr, 2005). Las velocidades de los flujos se determinan generalmente en el campo por observación de las super elevaciones del flujo en las curvas del canal las cuales se reflejan en marcas de lodos o de vegetación afectada (Costa, 1984 en Hungr, 2005).*

En el distrito de San Jerónimo se encontraron 73 flujos, que afectan en forma directa a 241.81 ha convirtiéndose en la más abundante tanto por cantidad como por área afectada en forma directa

A continuación detallamos la ubicación de los flujos de detritos identificados en el distrito:



Tabla N° 5.19 Flujos de detritos del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas		Área
		Este	Norte	
1	FD-01	186250	8502851	3.00
2	FD-02	186831	8503201	1.31
3	FD-03	186706	8502942	0.10
4	FD-04	186957	8503081	2.23
5	FD-05	187675	8503937	5.74
6	FD-06	188276	8504659	0.17
7	FD-07	187778	8502454	31.75
8	FD-08	188432	8502365	11.35
9	FD-09	188995	8502064	16.03
10	FD-10	188938	8502199	2.08
11	FD-11	189108	8502048	0.53
12	FD-12	189246	8501877	0.18
13	FD-13	189490	8502004	0.08
14	FD-14	189542	8502243	1.15
15	FD-15	189791	8502399	1.30
16	FD-16	189636	8501475	10.61
17	FD-17	190379	8502272	0.23
18	FD-18	192310	8504577	1.35
19	FD-19	191340	8503170	0.36
20	FD-20	190121	8502045	0.42
21	FD-21	190000	8501953	0.08
22	FD-22	189891	8501911	0.17
23	FD-23	190649	8502058	0.10
24	FD-24	190417	8501919	0.09
25	FD-25	190390	8501889	0.04
26	FD-26	190349	8501850	0.03
27	FD-27	190220	8501792	0.10
28	FD-28	190146	8501710	0.09
29	FD-29	189694	8501120	0.87
30	FD-30	189807	8501055	0.39
31	FD-31	189581	8500994	0.13
32	FD-32	189677	8500948	0.39
33	FD-33	190259	8501321	13.76
34	FD-34	190206	8500768	2.48
35	FD-35	190347	8500909	0.10
36	FD-36	190325	8500827	0.15
37	FD-37	190345	8500811	0.17
38	FD-38	190318	8500361	0.49
39	FD-39	191342	8501289	10.68
40	FD-40	185195	8497087	14.81
41	FD-41	187289	8497696	12.16
42	FD-42	188044	8497923	0.24
43	FD-43	188019	8497731	0.11
44	FD-44	188021	8497631	0.16
45	FD-45	188002	8497545	0.05
46	FD-46	188003	8497469	0.11

47	FD-47	188005	8497229	1.46
48	FD-48	187857	8497230	0.17
49	FD-49	187828	8497219	0.03
50	FD-50	188086	8497113	0.08
51	FD-51	187034	8495958	34.04
52	FD-52	188138	8496465	0.01
53	FD-53	188167	8496186	0.69
54	FD-54	188691	8498302	5.33
55	FD-55	188882	8496910	3.44
56	FD-56	188774	8495924	0.12
57	FD-57	188827	8495767	0.41
58	FD-58	191099	8495166	0.16
59	FD-59	191087	8494689	0.16
60	FD-60	192248	8492659	0.29
61	FD-61	192283	8492618	0.16
62	FD-62	192311	8492591	0.11
63	FD-63	190224	8497926	22.29
64	FD-64	189464	8497772	11.12
65	FD-65	189512	8499547	0.64
66	FD-66	189656	8499542	0.60
67	FD-67	189776	8499679	0.35
68	FD-68	189942	8499654	0.08
69	FD-69	189959	8499108	1.96
70	FD-70	190157	8499181	0.53
71	FD-71	190235	8499161	0.79
72	FD-72	190762	8498836	8.31
73	FD-73	191070	8498771	0.56

Existen dos sectores en donde se presentan este tipo de MRM a saber:

- El primero, ubicado al norte del distrito en las quebradas de: Thuniyoc Huayco, Lloqllapata, Arcopunco, Puccacatta, Jatunhuayjo, Unucñahun, Huacotomayo, Asnochahuaycco y Llampahuayjo, las cuales presentan una dirección principal de norte a sur, se caracterizan por estar emplazadas sobre material cuaternario del tipo coluvio aluvial y aluvial y sobre rocas de la formación Kayra, están asociados a la falla de Tambomachay principalmente; geomorfológicamente está ubicado en las Vertientes de montaña empinadas con una pendiente que va de <math><10^\circ</math> a <math>40^\circ</math>; la cobertura vegetal se caracteriza por presentar bosque de estrato medio denso de eucalipto, matorral denso inerme, matorral ralo inerme, área de cultivo en seco y matorral denso inerme; tiene un uso de suelos agrícola, forestal, pecuario de extracción de mineral minero no metálico y pecuario; el grado de erosión es pluvial de ligera



a moderada con surcos comunes, surcos y cárcavas comunes y laminar evidente.

- El Segundo, ubicado al sur del distrito entre el cerro Tintir y el río Pumacchupan, se caracterizan por presentar en su composición depósitos aluviales, depósitos coluvio-aluviales y material de la Formación San Sebastián; geomorfológicamente está ubicado en las vertientes de montaña allanada, fondos de valle aluvial montaña, vertientes de montaña empinada y altiplanicies disectadas con pendientes que van de planas a muy empinadas; la cobertura vegetal se caracteriza por presentar bosques de estrato bajo de Chachacomo asociado con plantaciones de eucalipto, matorral denso inerme, matorral ralo inerme, matorral ralo subinerme, bosque de estrato medio denso de eucalipto y matorral inerme asociado con cultivo en seco; presenta una erosión del tipo pluvial ligera y severa con surcos escasos, surcos y cárcavas comunes, surcos escasos, surcos y cárcavas abundantes, surcos y cárcavas comunes y surcos y cárcavas abundantes soliflucción y deslizamiento ocasional.

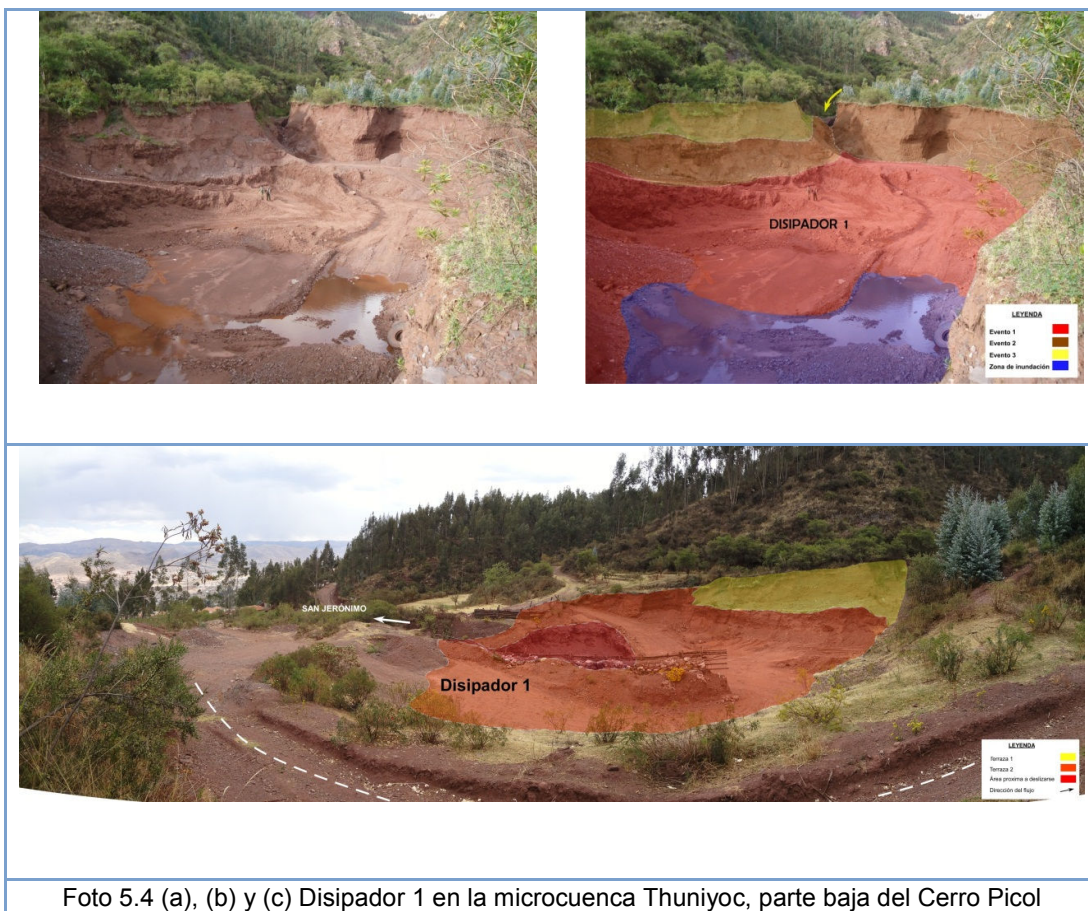






Foto 5.6 Material suelto de diferente granulometría existente a lo largo de toda la microcuenca del río Huacotomayo el mismo que podría llegar al área urbana a través de un flujo de detritos

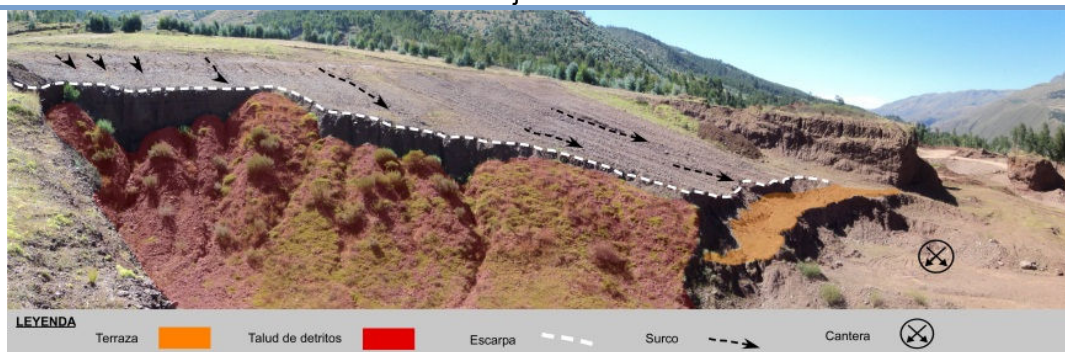


Foto 5.7 Extracción de material minero no metálico en la cantera de Pata Pata, en época de lluvias este material es arrastrado por flujos de detrito pendiente abajo hacia el área urbana afectando los sectores de Anden Anden, Collana y Lircay Pata

Los sectores más importantes afectados por este tipo de MRM son:

- ✓ La microcuenca de Thuniyoc.
- ✓ La microcuenca de Huacotomayo
- ✓ La cantera de Pata Pata

(Ver anexo de puntos críticos)

**Flujo de lodo (Mud flow).**- *También es conocido como flujo o torrente de barro, este tipo de movimiento es muy rápido a extremadamente rápido, compuesto por detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material. También se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungry et al., 2001).*

En el área de estudio se lograron identificar un total de 19 Flujos de lodo, los que hacen un total de 52.83 Ha de incidencia directa. A continuación su ubicación exacta:

Tabla N° 5.20 Flujos de lodo del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas		Área
		Este	Norte	
1	FL-01	184845	8499044	8.81
2	FL-02	185435	8499489	6.25
3	FL-03	185745	8499462	4.71
4	FL-04	185970	8499252	4.92
5	FL-05	186389	8499407	5.95
6	FL-06	186619	8499187	4.40
7	FL-07	186739	8499869	0.97
8	FL-08	187000	8499896	0.64
9	FL-09	187368	8499074	9.92
10	FL-10	187645	8499653	2.86
11	FL-11	187723	8499775	0.10
12	FL-12	188200	8499619	0.94
13	FL-13	187957	8498975	1.29
14	FL-14	188124	8499020	0.09

<b>15</b>	FL-15	188117	8498915	0.03
<b>16</b>	FL-16	188130	8498836	0.04
<b>17</b>	FL-17	188152	8498813	0.01
<b>18</b>	FL-18	188091	8498658	0.50
<b>19</b>	FL-19	188084	8498428	0.39

La totalidad de los flujos de lodo se encuentra entre los ríos Pillao Matao y Kayra, todos ubicados sobre la Formación San Sebastián compuesto por limos, arcillas y arenas lacustres (limos, arcillas y arenas lacustres) controladas por la falla inferida Cusco; geomorfológicamente pertenecen a fondos de valle aluvial montaño con pendientes que van de  $<10^\circ$  a  $30^\circ$ ; su cobertura vegetal está compuesta por bosques de estrato bajo de chachacomo asociado con plantaciones de eucalipto, áreas de cultivo en seco, bosques de estrato medio ralo de eucalipto, áreas de cultivo en seco y matorral denso inerme; el uso de suelo es agrícola, de ocupación urbano – rural con una fuerte presencia de material extractiva de mineral no metálico; el grado de erosión está caracterizado por ser de tipo pluvial de ligera a severa formando surcos y cárcavas abundantes, surcos escasos, y laminaciones intensas.



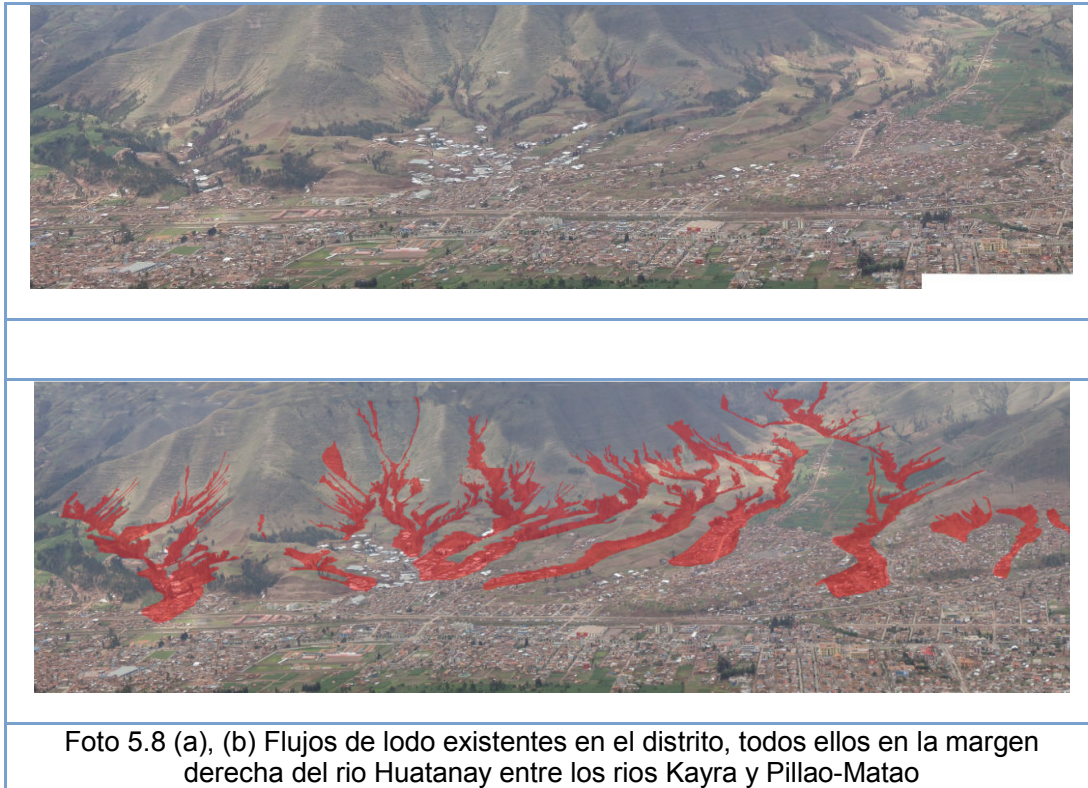






Foto 5.9 (a) Foto aérea del año 1956, se aprecia el área urbana que solo llega a las riberas del río Huatanay, no existe explotación de material fino.  
(b) Imagen satelital google earth 2013, la expansión urbana desordenada muestra en color blanco las calaminas de los hornos de tejas y ladrillos. Nótese el drenaje detrítico típico de material fino





Foto 5.10 (a) y (b) La profundidad de las cárcavas llega a medir entre 30 a 40 metros, nótese las estratificaciones de material fino pertenecientes a la Formación San Sebastián así como la pendiente.



Foto 5.11 Minería artesanal no metálica dedicada a la fabricación de tejas y ladrillos ocupando en forma desordenada el sector por donde pasarían los flujos de lodo

El sector más importante afectado por este tipo de MRM lo constituye “ Las Ladrilleras” área comprendida por las quebradas Tejas y Ladrillos, Huachayoq, y Padrechayoq Huayco, donde se encuentran el mayor porcentaje de hornos de quemar para la fabricación de tejas y ladrillos (Ver Anexo zonas críticas)



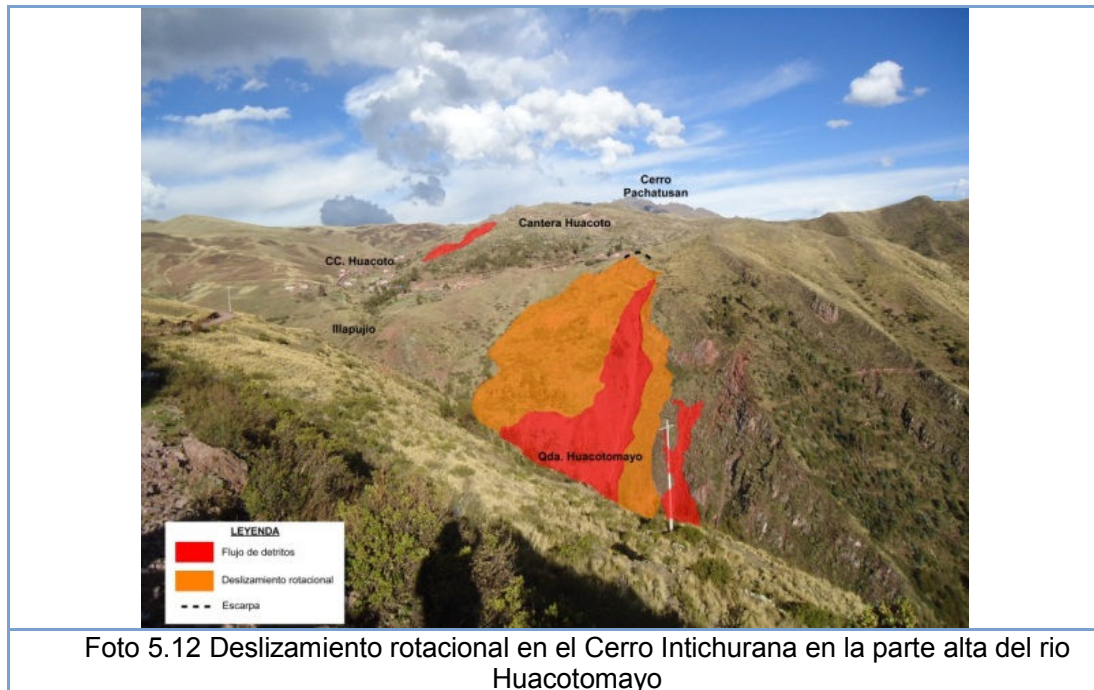
### **Deslizamiento rotacional.-**

*Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.*

Dentro del distrito de San Jerónimo se encontró un solo punto de evaluación para este tipo de MRM, el cual está ubicado en la microcuenca de Huacotomayo cerca a la CC de Huacoto en las coordenadas Este 190999 Norte 8504029 afectando en forma directa a 2.48 ha

Por otro lado, el deslizamiento del Cerro Pícol, que está ubicado al Oeste fuera del área distrita, pero cuyos flujos afectarían a parte del área urbana ubicada en el distrito de San Jerónimo, presenta características similares, sin embargo correspondería a un **deslizamiento compuesto**. (Ver anexo zonas críticas)

El deslizamiento rotacional ubicado en Huacotomayo tiene las siguientes características: Litológicamente está conformado por rocas sedimentarias de la formación Kayra, las mismas que están muy fracturadas controladas por fallas locales con dirección NE-SO paralelas a la falla Tambomachay y Huchuyqosqo propias del sistema de fallas Pachatusan; geomorfológicamente pertenece a las vertientes de montaña empinada con una pendiente muy empinada, mayor a 40°; la cobertura vegetal es de tipo matorral ralo inerme; no tiene un uso de suelo definido; mientras que el grado de erosión es pluvial moderada generando surcos comunes



### Reptación.-

*La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.*

*La reptación de suelos y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.*

El área total de afectación directa por este tipo de movimientos es de 8.47 ha, todos los MRM ubicados al norte del distrito entre el sector Piñahuaylla y el Cerro Condorcunca, a continuación mostramos su ubicación exacta.

Tabla N° 5.21 Reptaciones del distrito de San Jerónimo

N°	Código	Coordenadas Este Norte		Área
1	LR-01	189981	8505368	2.31
2	LR-02	190328	8504709	0.90
3	LR-03	190833	8504945	0.78
4	LR-04	191371	8504984	0.66
5	LR-05	192356	8505337	2.11
6	LR-06	192587	8504708	1.70

Las reptaciones están caracterizados por ubicarse sobre rocas pertenecientes a la Formación Quilque – Chillca, Puquin, Pachatusan y depósitos fluvio-glaciáricos y coluvio-aluviales, las fallas que tienen incidencia directa en estos son de orientación NO-SE paralelas a la falla Uchuyqosq; geomorfológicamente pertenece a las altiplanicies disectadas con pendientes moderadamente inclinadas que van de 10° a 20°; la cobertura vegetal está caracterizada por ser áreas de cultivo en seco; tienen un uso de suelos eminentemente agrícola con una erosión pluvial moderada en surcos comunes



Foto 5.13 Depósitos fluvial-glaciáricos con presencia de humedales ubicados en el sector Saucocalla

### **Volcamiento de rocas.-**

*Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las*

*unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación. Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El primero involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante*

*El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas. El vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales*

*El vuelco flexural del macizo rocoso es un movimiento de una ladera a gran escala el cual involucra deformación flexural gradual de estratos densamente diaclasados, con buzamientos altos, usualmente en rocas metamórficas como esquistos o filitas. Los vuelcos flexurales del macizo rocoso son con frecuencia dúctiles, el movimiento es evidente y se auto estabiliza, sin embargo, pueden conducir al desarrollo de un movimiento rotacional al formarse un plano de ruptura a lo largo de la superficie de bisagra del vuelco. Este último tipo es denominado por Corominas (1989)*

En el área de estudio podemos distinguir un punto de evaluación con este tipo de movimiento que afecta en forma directa a un área de 0.81 ha. A continuación su ubicación exacta Este 191289, Norte 8503361

Litológicamente tiene en su composición rocas pertenecientes a la Formación Kayra; geomorfológicamente pertenece a las vertientes de montaña empinada con una pendiente muy empinada de más de 40°: su cobertura vegetal está catalogada sin vegetación; no tiene un uso de suelos definido y su erosión es del tipo pluvial moderado con surcos comunes.

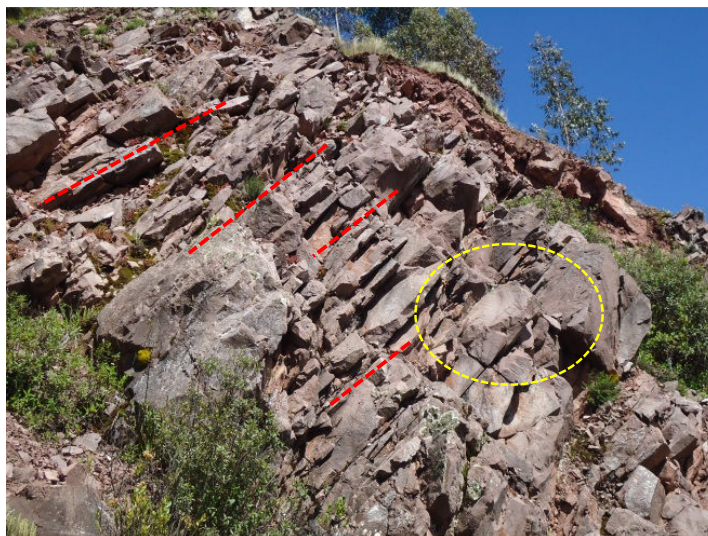


Foto 5.14 En color rojo los planos de debilitamiento, en amarillo el vuelco existente



Foto 5.15 Vista lateral de la zona, mostrando la cantidad de material caído.



## 5.2.5 Análisis de peligros geoambientales del distrito

### 5.2.5.1 Procesos erosivos naturales

#### Erosión y acarreo de sedimentos en el río Huatanay

**Causas.-** San Jerónimo recepciona sedimentos, generados en la temporada de lluvias, producto del transporte de materiales por socavamiento y deslizamiento que provienen de la parte alta de la cuenca del río Huatanay y de las microcuencas del oeste del valle del Cusco.

Por otro lado, la napa freática, en las zonas cercanas al río Huatanay, provoca inestabilidad en los suelos y origina afloramientos de agua a manera de manantes, produciendo el deterioro las viviendas colindantes, especialmente las de adobe.



Foto 5.16 Sector de la PTAR de Seda Cusco, acumulación de material rocoso y sedimento



Foto 5.17 Acumulación de sedimentos en la zona de Kayra,



Foto 5.18 Acumulación de sedimentos en la zona de Kayra

**Efectos.-** La acumulación de sedimentos en el cauce del río acrecienta la ocurrencia de desbordes e inundaciones, sobre todo en época de lluvias, incrementando el grado de vulnerabilidad de las poblaciones, viviendas e infraestructura circundantes a éste.

En el puente de Angostura, área que se encuentra culminando la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cusco, se observa el estrangulamiento del cauce del río Huatanay, convirtiéndose en un punto crítico, no solo por la acumulación de sedimento, sino también por la ausencia de una defensa ribereña, no existiendo gaviones que encaucen el mismo. Por otro lado, el retiro de los sedimentos del lecho del río Huatanay, sin ninguna planificación o control adecuado, afecta directamente la vía asfaltada en Angostura, generando problemas en la berma de ciclistas.



Foto 5.19 Vía Angostura a Saylla disposición de sedimentos extraídos del río

## **Erosión y Acarreo de Sedimentos en la Quebrada Thuniyoq**

### **Causas**

**Disipador N° 1.-** Hasta la fecha este disipador ha funcionado adecuadamente, encontrándose colmatado, esto ha generado una alarma en la población, debido a que futuros flujos de material en periodo de lluvias podrían sobrellenar y generar desbordes y arrastre de materiales hacia las zonas urbanas.



Se ha podido observar que, se viene extrayendo material agregado de este dissipador, utilizando maquinaria pesada, lo que está provocando que se profundice el hoyo, y al cual no le han realizado ningún tipo de limpieza, para que soporte la temporada de lluvias, esta zona provocaría la acumulación y arrastre del material hacia el dissipador 02.



Foto 5.20 En el dissipador N° 01 , se muestra la pérdida del recurso suelo, y adicionalmente la extracción de material.

La presencia de cobertura vegetal, con especies arbóreas predominantemente por eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y matorrales en la zona donde se ubica este dissipador, es importante porque ayuda a la retención de suelo evitando la erosión.

**Disipador N° 2.-** Este dissipador no tiene desfogue, por ende el agua se infiltra en el subsuelo, debido a que los materiales que lo forman son porosos y permeables. El drenaje natural de la quebrada Thuniyoq, ya no existe en esta parte por el avance de la urbanización Larapa, lo que es una evidente negligencia en seguridad, ante la ocurrencia excepcional de un MRM.



En la actualidad, el disipador N° 2 se encuentra colmatado, poniendo en alerta a las viviendas que se encuentran en los alrededores, de producirse nuevos flujos en temporada de lluvia, no tendrían una zona de contención adecuada para los pobladores y los materiales que arrastraría la quebrada hacia el disipador, desbordarían destruyendo todo a su paso.





Foto 5.22 Disipador N° 02, donde el flujo de detritos fue retirado



Foto 5.23 Desmote y residuos Sólidos dispuestos en el interior del disipador

Por otro lado pobladores de diferentes lugares de la ciudad de Cusco, han estado disponiendo residuos de construcción y desmontes (material excedente de las edificaciones o de las demoliciones de viviendas), es importante mencionar, que los pobladores de los alrededores disponen

sus residuos sólidos domiciliarios dentro y en los alrededores del disipador N° 2.

### 5.2.5.2 Procesos Erosivos Antrópicos

#### Ladrilleras localizadas en Zonas de Petroperú y Altiva Canas

**Recurso Suelo:** Las ladrilleras se concentran al suroeste de la plaza de armas del distrito, donde existe abundante material de arcilla limo y arena utilizado como materia prima principal. El sector ladrillero está conformado por aproximadamente 200 productores, siendo la mayoría artesanales.

La escasa cobertura vegetal presente en la zona que corresponde a la formación San Sebastián y el material de poca consistencia característica de dicha formación, origina el transporte del material fino por medio del viento, ocasionando grandes polvaredas que son depositadas en los cuerpos y fuentes de agua. Adicionalmente, la extracción del material contribuye a la erosión eólica, favoreciendo la formación de cárcavas, que desestabilizan los materiales blandos existentes en la zona.

La extracción del material para la elaboración de los ladrillos se realiza sin ninguna orientación, hecho que genera probabilidad de peligros como flujos de lodo, caída de suelos, etc que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores y habitantes de la zona, considerando la poca consistencia del material de la zona. Se observa también, que luego de la extracción del material, las canteras quedan abandonadas desestabilizando los taludes en algunas zonas de las laderas.



Foto 5.24 Se muestra la agresividad por explotar el material ara sus actividades

Otro aspecto a considerar es la inadecuada disposición de los ladrillos deteriorados durante el proceso de elaboración, que son acumulados en zonas aledañas a sus hornos, alterando el entorno paisajístico, convirtiéndose en desmonte juntamente con algunos residuos sólidos que son vertidos por los pobladores y trabajadores de la zona.

**Recurso Agua:** En relación al recurso hídrico, las aguas subterráneas o manantes ubicados en las zona, son captadas y utilizadas para la fabricación de tejas y ladrillos, cada fabricante construye pozos artesanales de diferentes profundidades para aprovechar el recurso, que a su vez se mezcla con los residuos líquidos generados por el proceso de fabricación.

Los trabajadores utilizan también áreas reforestadas con eucalipto como botaderos o lugares de disposición de materia inservible, que en algunos casos son usados como fábricas de ladrillos. Estos botaderos no reciben ningún tratamiento para prevenir los efectos de lixiviación, cuyos productos pueden infiltrarse desestabilizando los taludes en estos sectores.



Foto 5.25 El agua utilizada es extraída de pozos subterráneos.



Foto 5.26 Disposición de los residuos del proceso de fabricación de ladrillos

**Efectos.-** La elaboración de ladrillos, de manera artesanal, tiene efectos sobre el recurso suelo, debido a que la extracción del material fino en grandes cantidades provoca desestabilización del suelo y pérdida este recurso, alterando también la calidad del entorno paisajístico. Además, esta actividad afecta a la población ubicada en las zonas aledañas de manera directa, y de manera indirecta a la calidad ambiental de la ciudad de Cusco, por la generación de grandes cantidades de polvo.

En temporada de precipitaciones pluviales se genera arrastre del material fino arcilloso hacia las partes bajas, depositándose como sedimento en las laderas. Así mismo, las aguas son acumuladas en pozos en forma natural, siendo aprovechadas para la fabricación de los ladrillos, sin embargo estas afectan a las viviendas cercanas la zona. Por otro lado, el inadecuado tratamiento de estos pozos, los convierten también en un depósito de residuos sólidos, causando de esta manera la degradación y pérdida de la calidad de los acuíferos por infiltración.





Foto 5.27 Laderas don extraen la materia prima de fabricación de ladrillos.



Foto 5.28 Desmonte de dispuesto al costado de la vía de acceso a las ladrilleras

Los fabricantes de ladrillos, aprovechan las áreas marginales de las vías de transporte para depositar desmonte hasta que esta se encuentre saturada y se vean obligados a buscar otras áreas llanas propicias para sus botaderos. Estos botaderos entorpecen la libre transitabilidad de los vehículos de carga y en temporada de lluvias provocan lixiviación intensa.



Algunos trabajadores ubican los desmontes en las quebradas, que en época de lluvias, provocan arrastre de material y derrumbe de los mismos. La comunidad Pillao Matao se ha convertido en una area de eliminación de residuos de la fabricación de ladrillos y tejas, que se depositan en las cercanías de áreas de cultivo, quebradas y sobre todo a en el área marginal de las vías de acceso, provocando el estrechamiento de las mismas y la posible afectación de las áreas de cultivo.



Foto 5.29 Disposición inadecuada de residuos de las ladrilleras.

### **Cantera de Explotación de agregados en Patapata**

**Causas y efectos.-** La explotación de agregados en Patapata se caracteriza por presentar varios frentes de trabajo, los cuales van siendo abandonados a medida que abarcan una mayor área. Las zonas que dejaron de ser utilizadas no han recibido ningún tipo de tratamiento, por lo que se observa en ellas la presencia de erosión hídrica en temporada de lluvias, que genera surcos por donde discurre el agua. A su vez, al ser una área visualmente deteriorada, altera la calidad del entorno paisajístico de la zona.

En áreas de explotación actual, al realizar el movimiento del recurso suelo para la obtención del material agregado mediante el uso de maquinaria pesada, se origina la desestabilización de los taludes superiores de la ladera. Así mismo, el desplazamiento de la maquinaria, de la cantera al

centro poblado, produce vibraciones en el suelo que generan micro deslizamientos y/o derrumbes, que se agudizan en época de lluvia, erosionado la ladera de la zona.

El transporte del material, mediante unidades vehiculares de alto tonelaje, a través de una vía carrozable no afirmada e inestable por el tipo de formación geológica que la caracteriza, provoca el constante deterioro de la misma y la erosión hídrica durante la época de lluvias, con la consiguiente formación de surcos tipo cárcavas, que por el tipo de pendiente que presenta la ladera, puede afectar a la población del lugar.

En áreas circundantes a la cantera, existe la presencia de cobertura vegetal, principalmente arbórea, siendo las plantaciones de eucalipto las más predominantes, que actualmente se encuentran formando parches de bosque. Algunos individuos han sido talados para el beneficio económico de los pobladores de la APV Patapata, y si esta actividad continua la desestabilización de toda la ladera se incrementaría, desencadenando la erosión hídrica por factor climático, especialmente en época de lluvias. Al quedar la superficie del suelo sin cobertura, esta se hace sensible a la erosión, aumentando el riesgo de exposición a MRM de los pobladores de la APV Patapata.



Foto 5.30 Ubicación de la cantera de agregados Patapata.  
Fuente: Google Earth, 2012.



Foto 5.31 Frente de trabajo abandonado en la cantera de agregados en Patapata



Foto 5.32 Frente de trabajo de la cantera de agregados.



Foto 5.33 Grietas en las laderas de la parte baja de la cantera de agregados.

### **Cantera de Explotación de Piedra en Huacoto**

**Causas y Efectos.-** La extracción de piedra se ha convertido en una actividad muy lucrativa para los ocasionales extractores, por otro lado el deterioro ambiental que genera, ha obligado la intervención de autoridades locales e incluso de la Dirección Regional de Energía Minas del Gobierno Regional Cusco, quien realiza la inspección y capacitación a los comuneros.

En la comunidad de Huacoto se observa la extracción artesanal del material rocoso en todo el complejo volcánico, actividad que no cuenta con la planificación y las condiciones adecuadas para la misma.

Para una mejor evaluación del complejo volcánico, se realizó un reconocimiento de toda el área estableciendo la existencia de 27 puntos de extracción de canteras. Se ha observado que algunos de los frentes de trabajo, son de 25 metros de profundidad con un diámetro de 40 metros, los extractores no cuentan con equipo de protección personal, y tampoco cuentan con medidas de seguridad; los comuneros ante esta actividad, ponen en riesgo sus vidas frente al peligro de derrumbe del material volcánico por los constantes movimiento que ellos mismos ejecutan durante la extracción y también debido a que esta zona se encuentra cerca a las fallas con orientación NO-SE (Falla de Huchuyqosqo).

Esta actividad extractiva viene generando deterioro del paisaje y daños a la ecología debido a que es posible encontrar vegetación que se desarrolla en todo el complejo volcánico, por otro lado la fauna que actualmente alberga (tanto aves, mamíferos menores, artrópodos, etc.) se ven afectadas en su población, por la continua extracción sin medidas de mitigación ambiental.





Foto 5.34 Sector Este del Complejo Volcánico, donde la explotación tiene aproximadamente 4000 m<sup>2</sup>



Foto 5.35 Profundidades de 30 metros aproximadamente, en las canteras.



Foto 5.36 Comuneros explotando sin indumentaria y poniendo en riesgo sus vidas

### 5.2.6. Identificación de zonas críticas

Luego del análisis y la evaluación respectiva, se han localizado cinco zonas críticas en el Distrito de San Jerónimo, tres ubicadas al norte del distrito y dos al sur, las mismas que se describen a continuación (ver Anexo Zonas críticas):

**1.- Microcuenca Thuniyoc Huayco.-** En la parte superior de esta microcuenca se encuentra el deslizamiento del cerro Pícol, del cual baja, en época de lluvias, a manera de flujo de detritos, gran cantidad de material suelto compuesto por áreas, gravas y arcillas colmatando los disipadores 01 y 02, cabe mencionar que este sector está densamente poblado en la parte baja.

**2.- Microcuenca Huacotomayo.-** Desde la parte media hasta la parte alta de la microcuenca se presentan una serie de MRM que incrementan el peligro, asimismo, el volumen de agua que presenta en época de lluvias es considerable y la cantidad de fallas existente cerca a la Comunidad de Huacoto intensifican el grado de fracturamiento de la roca, comparable en algunos casos al deslizamiento del cerro Pícol

**3.- Cantera de Pata Pata.-** La extracción incontrolada que se observa en la zona hace que el material fluvioglaciario suelto, utilizado como agregado, descienda generándose flujos de detritos en la parte baja de dicha cantera.

**4.- APV Altiya Canas.-** El año 2012 se presentó un asentamiento de suelos en el área urbana de dicha APV, este fenómeno se intensificó debido al corte en el talud por parte de una ladrillera colindante al evento, asimismo existen indicios de que el sector fue un relleno de material de escombros.

**5.- Sector Ladrilleras.-** La presencia de mineros no metálicos informales en forma desordenada y sin planificación generan problemas ambientales, además de intensificar el riesgo producto de las inadecuadas formas de trabajo.





## CAPITULO VI

### MAPA DE PELIGROS

#### 6.1. GENERALIDADES

La susceptibilidad física frente a fenómenos de remoción en masa expresa la mayor o menor tendencia del terreno a la generación de fenómenos. El mapa de susceptibilidad física es la predicción espacial del grado del azar (Chacón et al, 1994; Irigaray, 1995).

Para evaluar la susceptibilidad física existen varios métodos, en el presente estudio se utilizaron: el análisis multicriterio, que sirve para evaluar y combinar criterios en común para un tema determinado (en este caso la susceptibilidad física); así como la información tanto cualitativa como cuantitativa, el método consiste en aplicar una regla basada en la comparación de la importancia que estos criterios deben tener, es decir, se crea una matriz que después de su análisis determina el peso que a cada parámetro se le va a dar (Aceves, 2007).

En el Perú, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) en su cuaderno técnico N° 03 “Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas”, 2011, sugiere un análisis de susceptibilidad de multicriterio, coloca pesos a cada criterio, dependiendo de la experiencia del técnico especialista, por otro lado y en la misma orientación gubernamental el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), sugiere el análisis de Susceptibilidad física a partir de los criterios y descriptores (cada descriptor por cada criterio tienen pesos que varían 0.038 y 0.441), que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Pesos ponderados para la elaboración del Mapa de susceptibilidad física – CENEPRED 2013

Criterio	Peso Ponderado
Litología (tipo de suelo)	0.161
Geomorfología	0.251
Pendiente	0.382
Cobertura Vegetal	0.067
Uso actual de suelos (uso mayor)	0.094
Altitud	0.045

Todos ellos fueron relacionados con los MRM existentes en la zona de estudio, a diferencia de la metodología sugerida por CENEPRED, no fue considerada “la altitud” como un criterio de evaluación porque no se adapta a las condiciones del distrito, en este sentido, se entiende que dichos criterios están dados para todo el territorio peruano y que es necesario afinarlos de acuerdo al lugar donde se realice el estudio. Adicionalmente, se agregaron los criterios de erosión actual y clima, para que esta adición no afecte el peso ponderado inicial, se hizo la compensación respectiva incluyendo además el criterio de Movimientos de Remoción en Masa (Ver Tabla 6.2) al cual se le dio un peso mayor debido a su importancia.

Tabla 6.2 Pesos ponderados para la elaboración del Mapa de susceptibilidad física – Corporación Allin Puriy

Nº	Criterio	Peso Ponderado
01	Litología (tipo de suelo)	0.106
02	Geomorfología	0.115
03	Pendiente	0.212
04	Cobertura Vegetal	0.071
05	Uso actual de suelos (uso mayor)	0.088
06	Erosión	0.124
07	Clima	0.018
08	Movimientos de Remoción en Masa	<b>0.265</b>
<b>TOTAL</b>		1.000

## 6.2. ELABORACION DEL MAPA DE SUCEPTIBILIDADES

### Analisis De Suceptibilidades

Para la elaboración del Mapa de susceptibilidades se utilizaron los criterios del 01 al 07 de la Tabla 6.2, para cada uno de ellos se evaluo los descriptores correspondientes, puesto que son totalmente distintos, además, para el análisis se le asignó a cada uno de ellos un peso específico, que fluctúa entre 0.038 y 0.441. En base a la superposición de los mapas de cada criterio se elabora el Mapa de susceptibilidades, el mismo que sirve para definir las zonas que son más propensas a sufrir

erosión y posteriormente Movimientos de Remoción en Masa. (Ver Mapa de Movimientos de Remoción en Masa)

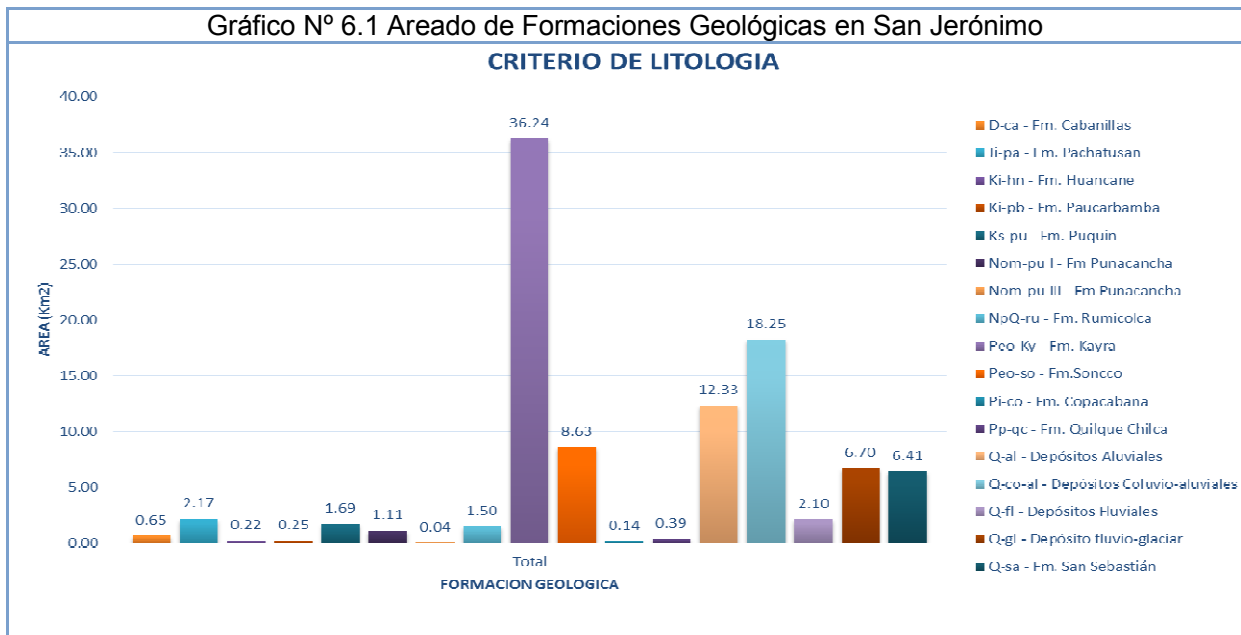
A continuación se detallan cada uno de los criterios utilizados para la elaboración del Mapa de susceptibilidades:

### **6.2.1 Criterio de Litología**

Este criterio está ampliamente descrito en el Capítulo IV en el título “Estratigrafía”, en él se describe las diferentes unidades litológicas existentes en el distrito tomando en cuenta su ubicación, composición, edad y grado de fracturamiento en relación con algunas fallas locales. Las formaciones litológicas estudiadas son:

- Grupo Cabanillas
- Grupo Copacabana
- Formación Pachatusan
- Formación Huancane
- Formación Paucarbamba
- Formación Puquín
- Formación Quilque Chilca
- Formación Kayra
- Formación Soncco
- Formación Punacancha
- Formación Rumicolca
- Formación San Sebastián
- Depósitos Glaciares
- Depósitos Fluviales
- Depósitos Aluviales
- Depósitos Coluvio-Aluviales

A partir de esta descripción se generó el Gráfico N° 6.1, donde se observa el areado de cada Formación geológica en el distrito, por ejemplo: la Formación Kayra presenta 36.24 Km<sup>2</sup>, seguido de los depósitos coluvio-aluviales con 18.25 Km<sup>2</sup>, los Depósitos Aluviales con 12.33 Km<sup>2</sup> y La Formación Soncco con 8.63 Km<sup>2</sup>.



Posteriormente, a cada una de estas formaciones se le asignó un peso específico analizando cuan susceptible a la erosión es la Formación geológica. Cabe resaltar que se hizo una distinción entre el Norte y Sur debido a que la existencia de fallas locales es más abundante hacia el Norte, en especial en las rocas ubicadas entre el Cerro Picol y el Cerro Atak'asa, estas determinan el control estructural principalmente en las rocas sedimentarias intensificando su grado de erosión; mientras que al Sur el escenario es distinto puesto que no existen fallas importantes que aceleren el proceso de transporte de material. (Ver Mapa Geológico)

### 6.2.2 Criterio de Geomorfología

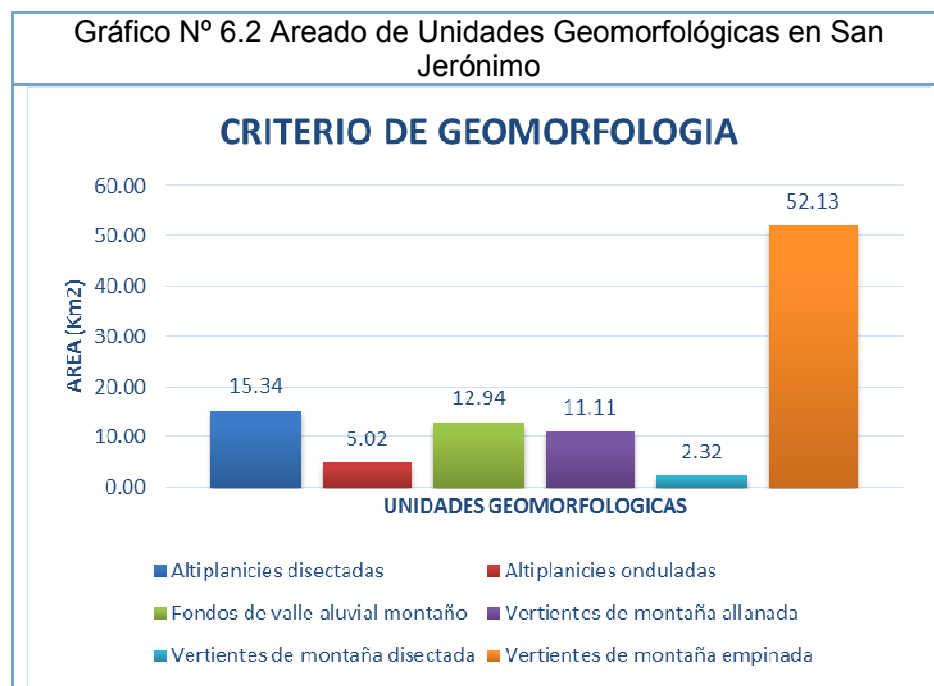
Este criterio está descrito en el Capítulo IV, en él se hace una descripción a nivel regional y local, considerando en cada unidad geomorfológica local las características propias de la zona tomando en cuenta aspectos como su ubicación, la diferencia de altitud, la litología, la pendiente y la topografía.

Las unidades geomorfológicas estudiadas son:

- Altiplanicies disectadas
- Fondos de valle aluvial montaño

- Vertientes de montaña disectada
- Altiplanicies onduladas
- Vertientes de montaña allanada
- Vertientes de montaña empinada

De dicho análisis se comprobó que la Unidad Geomorfológica con mayor presencia en la zona es la de vertientes de montaña empinada con 52 Km<sup>2</sup> seguida de las Altiplanicies Disectadas con 15.34 Km<sup>2</sup> (Ver gráfico N° 6.2).



Es necesario mencionar que en todo el distrito el agua es el principal agente erosivo, condición que intensifica con el cambio de pendiente y el tipo de litología, hacia el Sur del Distrito a erosión se intensifica más por un control hídrico debido a la orientación de los estratos, los riachuelos aprovechan los planos de debilidad de los estratos menos competentes y por estos transita el agua llevando a su paso material granulado y en suspensión como limos, arcillas, arenas y gravas. (Ver Mapa Geomorfológico)

### 6.2.3 Criterio de Pendientes

**Pendiente.-** Uno de los aspectos condicionantes de la inestabilidad de taludes es la morfología del terreno, es decir la inclinación del terreno, para distinguir el grado de actividad que presenta y el grado de susceptibilidad a determinados procesos geodinámicos. Por lo que se ha establecido un mapa, que sirve para realizar una comparación con los otros factores condicionantes.

En los procesos de vertiente se pretende establecer la relación causa efecto entre el nivel de inclinación del terreno y los fenómenos geodinámicos. Son procesos que necesitan una inclinación del terreno para producirse como por ejemplo caídas o derrumbes, flujo, etc. Así pues la pendiente del talud es decisiva, ya que los terrenos escarpados favorecen los arrastres, posibilitando que se renueve la superficie expuesta a los agentes meteóricos; sin embargo, dificultan la concentración de humedad e impiden la estabilidad necesaria para la meteorización química.

La pendiente se refiere al grado de inclinación de los terrenos y se define como el ángulo formado por dos lados, siendo la forma normal de expresar la medición de un ángulo utilizando el sistema sexagesimal.

El mapa de pendientes es la representación cartográfica de los diferentes accidentes geográficos que presenta el terreno, en las que los diferentes rangos de pendiente están simbolizados a través de diferentes colores, la clasificación de las pendientes se realizó en siete rangos, tomando como referencia el Anexo IV: Guía de los Parámetros Edáficos, del Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, aprobado por D.S. N° 017-2099/AG, cuya distribución espacial se aprecia en el mapa respectivo, simbolizado por colores característicos.

Para la elaboración de este mapa fue necesario los datos recolectados en la elaboración del mapa base, en el que usando las curvas de nivel, el área de estudio y el drenaje correspondiente, se hizo un geoprocesamiento de la topografía a un “modelo digital del terreno”, este raster continuo se reclasifica para obtener un raster discreto. Una vez

obtenido este se procedió a convertirlo a vectores, para poder hacer las mediciones de áreas y tenerlas zonificadas en diferentes rangos de pendiente. (Ver Mapa de Pendientes)

A continuación señalamos los diferentes tipos de pendientes identificados en el área de estudio.

#### **6.2.3.1 Zona de Pendiente Plana a Ligeramente Inclinada**

Zonas que presentan entre  $00^{\circ}$  y  $10^{\circ}$  de inclinación, dentro de las que tenemos: gran parte de la meseta de Huaccoto, parte baja de la población de San Jerónimo, parte de las terrazas al norte del poblado de San Jerónimo, al sur de San Jerónimo (vallecito, Huayrancalle, Mamatunya, etc) . La característica de esta zona es la deposición, la acción erosiva es casi nula. Si bien es cierto no generan procesos geodinámicos que revistan peligro o amenazas, sin embargo si son susceptibles de ser afectados directamente por estos procesos con mayor grado de peligrosidad.

#### **6.2.3.2 Zona de Pendiente Moderadamente Inclinada**

Zonas que presentan entre  $10^{\circ}$  y  $20^{\circ}$  de inclinación. Las laderas de baja y mediana pendiente, principalmente son ocupadas por depósitos cuaternarios, es decir por morrenas, depósitos fluvioglaciares, deslizamientos antiguos, deslizamientos activos, depósitos coluviales y depósitos mixtos. Estos depósitos han sufrido procesos geodinámicos, de meteorización, erosión o la conjugación de dos o más procesos que han producido estas laderas, los que actualmente son utilizadas como terrenos de cultivo, es decir han alcanzado un estado de estabilidad que han permitido la formación de suelos edáficos importantes.

Las encontramos en los alrededores de la meseta de Huaccoto (Piñahuaylla, Callpahuayco, alrededores del Cerro Ataspampa, Andenccta), al norte del poblado de San Jerónimo (partes bajas de las quebradas Hatunhuayjo, Huaccotomayo), al noreste de San Jerónimo (Puscar), en las partes cercanas al poblado de Sn Jerónimo; al sur de San



Jerónimo (Ayaccacca, Huayrapuncu, Ccochapata, Muñayhuayrumi, Soncco Chico, etc.

#### **6.2.3.3 Zona de Pendiente Moderadamente Empinada**

Zonas que tienen entre 20° y 30° de inclinación. Está relacionada directamente a la litología como rocas volcánicas y sedimentarias de fuerte resistencia a la compresión y que tienen mucha inclinación de sus estratos. Las rocas de esta zona se encuentran fracturadas y diaclasadas, producto de los ciclos tectónicos (de deformación) Hercínico y Andino con todas sus fases, en consecuencia son susceptibles al Intemperismo físico, siendo fuente del material coluvial, que posteriormente es acarreado pendiente abajo, constituyendo el material de origen de los movimientos de suelos y masas existentes en la zona.

Las comunidades de Saucocalla, Huaccoto, Checollo al norte y las comunidades de Ccochapata, Catuncuma, Mamantaunya, Huarapuncu, etc al sur se ubican en laderas con esta pendiente, de tal modo que los terrenos de cultivo son proclives a fuertes procesos erosivos que resultan siendo negativos para su estabilidad en el tiempo, considerando estos efectos negativos es que las culturas antecesoras han tratado estas laderas de pendientes pronunciadas con andenes.

Los procesos geodinámicos que generan estas laderas son principalmente procesos gravitacionales que actúa como agente primario, participa en el transporte y moviliza fragmentos de escombros y detritos que se van acumulando progresivamente hasta formar los conos coluviales, en algunos casos activos y en otros casos en estado estabilizado.

#### **6.2.3.4 Zona de Pendiente Empinada**

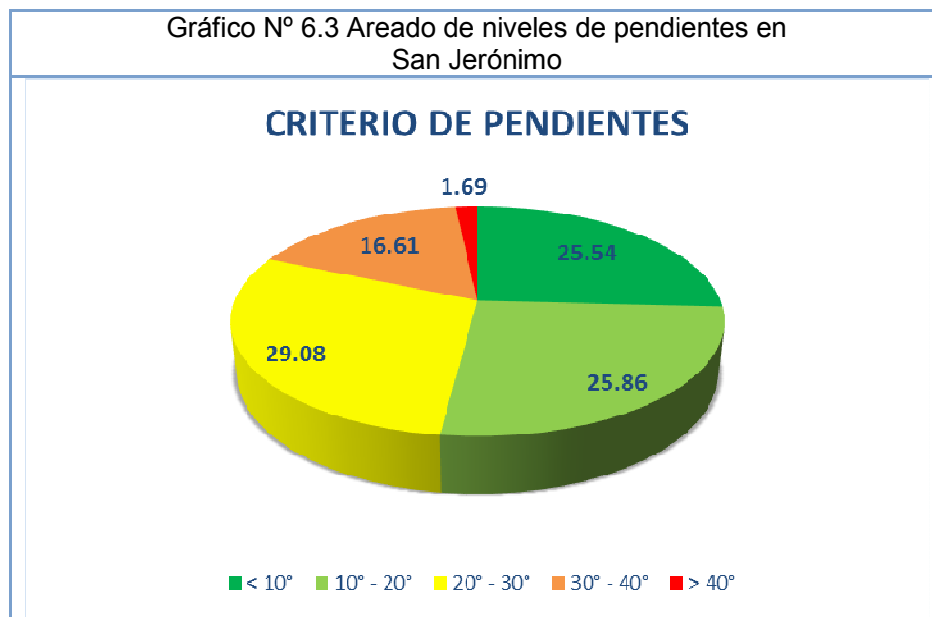
Se ha considerado como zonas de pendiente empinada a las que presentan entre 30° y 40° de inclinación. Está reducida a la zona de laderas, cerca de las pendientes muy altas. Cabe resaltar que las actividades artificiales o antrópicas, como ampliación de frontera agrícola

(cultivos en plena ladera e inadecuado sistema de riego) generan zona de pendientes pronunciadas inestables, las laderas de los cortes de carreteras, cortes de plataforma de canales hidráulicos que se encuentran a lo largo de estas obras de infraestructura civil, en estos casos los cortes se han realizado en rocas de las formaciones, cretácicas y cuaternarias

#### **6.2.3.5 Zona de Pendiente Muy Empinada a Extremadamente Empinada.**

Zonas que presentan pendientes mayores a 40° de inclinación. Está reducida a la zona de laderas, cerca de las pendientes altas. Al sur, las encontramos alineadas entre los cerros Pucajasa y Huanacaure; entre Ishaobamba y el cerro Jatuncuma; hacia el norte, en las laderas de la quebrada Huacotomayo, estas laderas general movimientos de masas de suelos y roca. Esta reducida a las zonas que delimitan la micro cuenca, en el que se presentan los acantilados de los cerros con evidencias de glaciaciones y los que recientemente han sido descubiertos de glaciares.

En el caso de las rocas del Grupo San Jerónimo, dependiendo de la dirección de estratificación y litología, éstas se convierten en laderas inestables en cuanto los factores desencadenantes como es el agua intervienen, principalmente en temporadas de lluvias. Este proceso se puede evidenciar en los alrededores del cerro Huaynapicol, en las laderas de fuerte pendiente de la quebrada Huacotomayo, no presentan procesos importantes de deslizamientos sino de desprendimientos por el grado de Intemperismo.

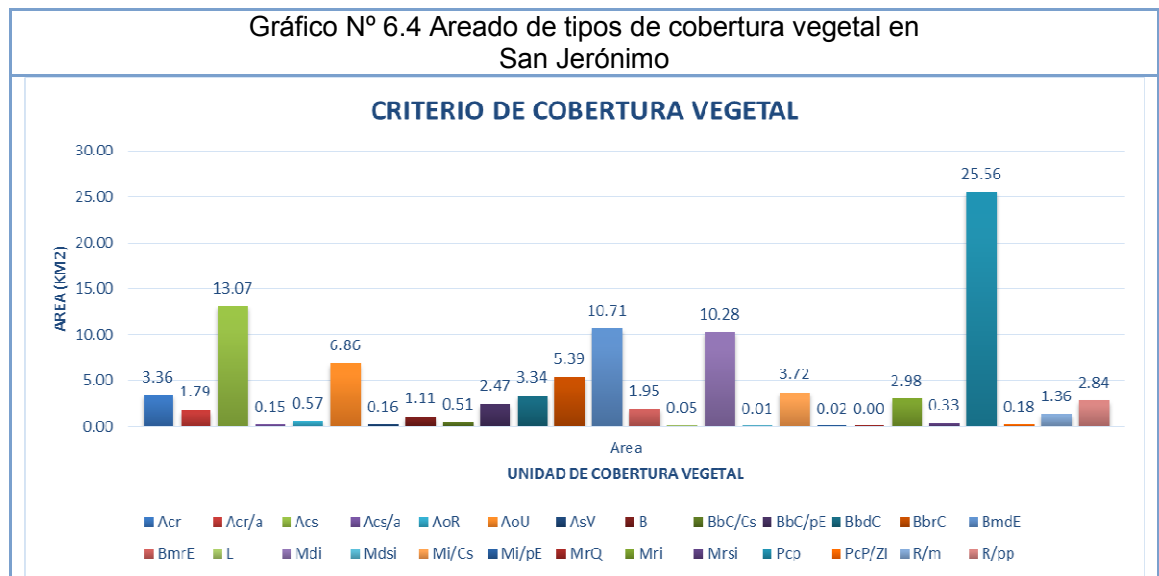


#### 6.2.4 Criterio de Cobertura Vegetal.

Para el desarrollo de este criterio se utilizó el estudio “Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la sub-cuenca del río Huatanay - Cusco” (IMA, 2011) en el que mediante la interpretación de imágenes satélite Halos del 2009 e imágenes satelitales Google Earth, logró definir la Cobertura Vegetal de la cuenca del río Huatanay a una escala 1/5000 clasificándola según su origen, estrato, cobertura, especie dominante y asociación. (Ver Anexo de Cobertura Vegetal) A continuación se numeran las unidades que se encontraron en el distrito de San Jerónimo:

- Área de cultivo con riego (acr)
- Área de cultivo con riego y agroforestería (acr/a)
- Área de cultivo en seco con agroforestería (acs/a)
- Área de ocupación rural (aor)
- Área de ocupación urbana (aou)
- Área sin vegetación (asv)
- Bofedal (b)
- Bosque de estrato bajo de chachacomo asociado con cultivo en seco (bbc/cs)

- Bosque de estrato bajo de chachacomo asociado con plantaciones de eucalipto (bbc/pe)
- Bosque de estrato bajo denso de chachacomo (bbdc)
- Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo (bbrC)
- Bosque de estrato medio denso de eucalipto (bmde)
- Bosque de estrato medio denso de eucalipto (bmde)
- Lagunas (l)
- Matorral denso inerme (mdi)
- Matorral denso sub inerme (mdsi)
- Matorral inerme asociado con cultivo en secano (mi/cs)
- Matorral inerme asociado con plantaciones de eucalipto (mi/pe)
- Matorral ralo de queuña (mrq)
- Matorral ralo inerme (mri)
- Matorral ralo subinerme (mrsi)
- Pajonal y césped de puna con zanjas de infiltración (pcp/zi)
- Pajonal y césped de puna (pcp)
- Roquedal con matorral (r/m)
- Roquedal con pajonal de puna (rpp)



De todas las unidades mencionadas anteriormente, las más importantes

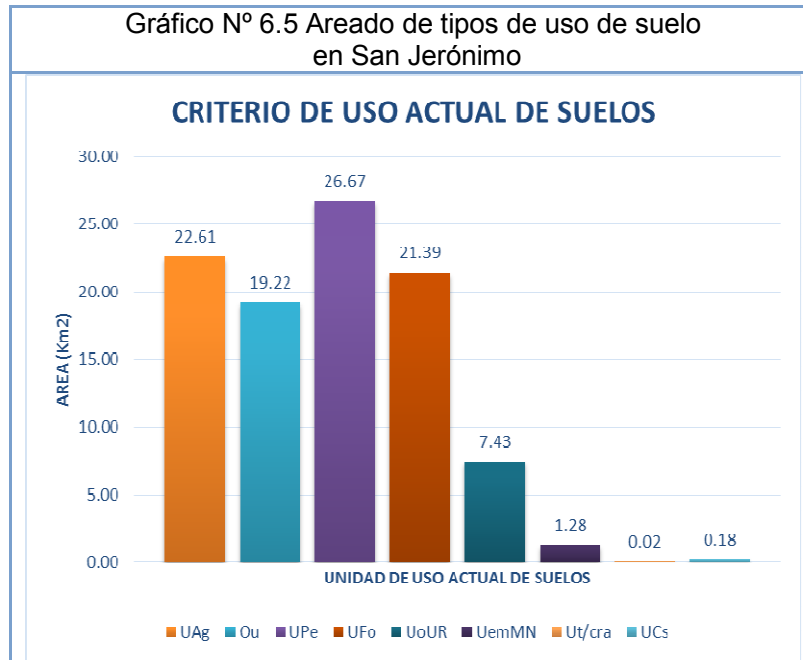
son el pajonal y césped de puna con 25.56 Km<sup>2</sup>, las áreas de cultivo en seco con 13.07 Km<sup>2</sup> seguidas de los bosques de estrato medio denso de eucalipto con 10.71 Km<sup>2</sup>, y finalmente los matorrales densos inermes con 10.28 Km<sup>2</sup> (Ver Mapa de Cobertura vegetal).

### **6.2.5 Criterio de Uso de Suelos**

Al igual que en el criterio anterior, para el desarrollo de este criterio, también se usó la información del estudio “Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la sub-cuenca del rio Huatanay - Cusco” (IMA, 2011), donde para el distrito de San Jerónimo se describen 8 usos de suelos diferentes, los cuales se señalan a continuación:

- Uso Agrícola (Uag)
- Uso Pecuario (Pe)
- Uso forestal (Ufo)
- Uso de ocupación urbano – rural
- Uso de conservación de suelos
- Uso turístico y de conservación de restos arqueológicos
- Uso de extracción de material minero no metálico
- Otros Usos (Ou)

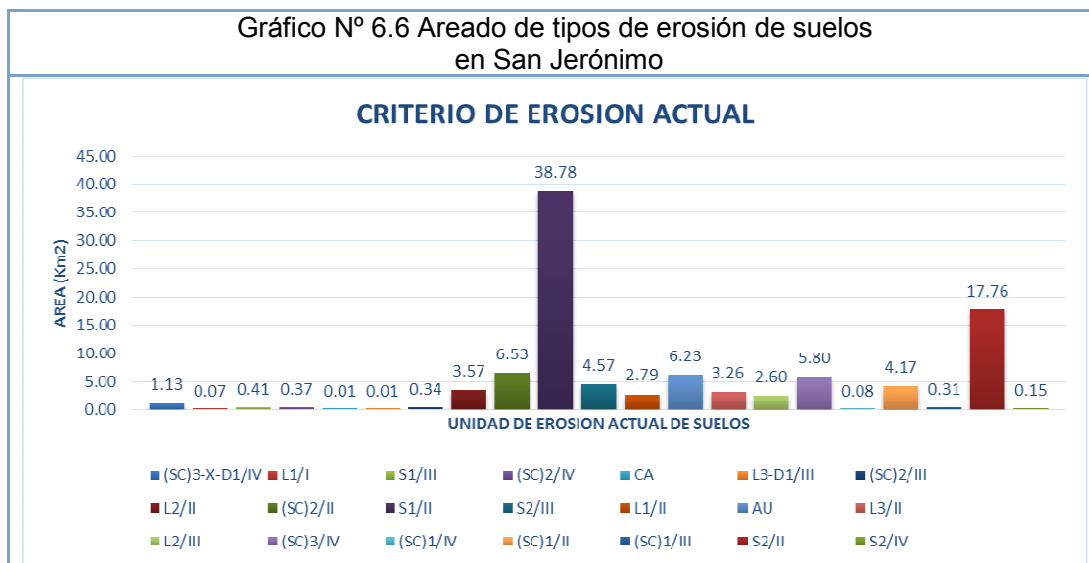
A partir de esta información se logró determinar que la mayor área del distrito está destinada principalmente al uso pecuario con 26.67 Km<sup>2</sup>, seguido del uso agrícola con 22.61 Km<sup>2</sup> y el uso forestal con 21.39 Ha. (Ver Mapa de Uso de Suelos).



### 6.2.6 Criterio de Erosión de Suelos

A través de reconocimientos y mapeos de campo de las 28 unidades hidrográficas en microcuencas y laderas directas de la cuenca del río Huatanay se procedió a la digitalización y análisis respectivo de cada unidad de erosión. A continuación se listan las unidades de la erosión de suelos:

- Laminar incipiente (L1/I, II)
- Laminar evidente (L2/ II, III)
- Laminar intensa (L3/II)
- Inundación Ocasional (I1/II)
- Surcos escasos (S1/I,II,III)
- Surcos comunes (S2/II,III,IV)
- Surcos y cárcavas escasos (SC)1/II,III,IV)
- Surcos y cárcavas comunes (SC)2/II,III,IV)
- Surcos y cárcavas abundantes (SC)3/IV)
- Surcos y cárcavas abundantes, soliflucción y deslizamientos ocasionales
- Laminar Intensa, soliflucción y deslizamientos ocasionales (L3-XD1/ II)
- Laminar Intensa, y deslizamientos ocasionales (L3-D1/II, III)



De todas las anteriores, las que más destacan son los surcos escasos y surcos comunes con 38.78 y 17.76 Km<sup>2</sup>, respectivamente (Ver Mapa de Erosión actual).

### 6.2.7 Criterio de Clima

Para este criterio se consideró el estudio de Zonificación Ecológica Económica (IMA, 2008), donde se tomaron en cuenta aspectos tales como: la geografía, las masas de aire provenientes de la selva suroriente y del altiplano y las condiciones geomorfológicas, utilizando la clasificación climática de Thornthwaite (1931) y del SENAMHI (1988); encontrando 22 tipos climáticos, de los cuales 4 se describen en el distrito de San Jerónimo, estos son:

- Lluvioso frío con invierno seco.
- Lluvioso semifrío con invierno seco.
- Semiseco semifrío con invierno seco.
- Semiseco semifrío con invierno seco.

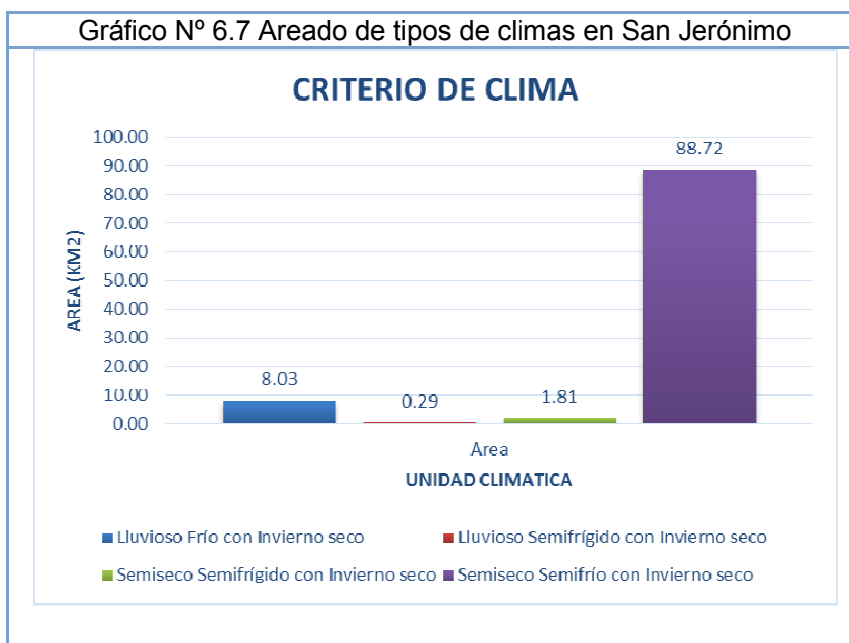
El más importante de todos lo constituye el Clima semiseco semifrío con invierno seco ya que abarca gran parte del distrito.



### 6.2.7.1 Clima Semiseco semifrío con invierno seco C(i)B'3

Este clima Semiseco Semifrío con Invierno Seco se extiende sobre una superficie de 14 247.19 Km<sup>2</sup>, el cual representa el 19.69 % de la superficie total regional. Presenta una precipitación anual de 500 a 1 000 mm<sup>3</sup> y una temperatura media anual de 12 a 14 °C. Los meses con mayor intensidad de precipitaciones pluviales son de Diciembre a Marzo y un periodo seco entre los meses de Mayo a Julio.

Este tipo climático se halla ubicado desde los 3 000 a 3 600 metros de altitud y geográficamente se distribuye sobre los distritos de Mollepata, Limatambo, Chinchaypujio Ancahuasi, Zurite y Huarcondo Anta en la provincia de Anta; Maras, Huayllabamba y Chinchero en la provincia de Urubamba; Coya, Písaq, San Salvador y Calca en la provincia de Calca; Saylla, **San Jerónimo**, San Sebastián, Cusco y Santiago en la provincia de Cusco; Capacmara, Colquemarca, Llusco, Chamaca y Livitaca en la provincia de Chumbivilcas; Rondocan, Acomayo y Accos en la provincia de Acomayo; Oropeza, Lucre, Urcos, Huaró, Quiquijana, Ccatca y Cusipata en la provincia de Quispicanchis; Paucartambo, Colquepata, Huancarani en la provincia de Paucartambo y sobre los ocho distritos de la provincia de Paruro.



Como se observa en el gráfico N° 6.7 existe una preponderancia significativa del clima semiseco semifrío con invierno seco en comparación con los otros dos tipos de climas, este tipo de clima abarca casi la totalidad del área distrital con un 88.72 Ha. (Ver Mapa climático)

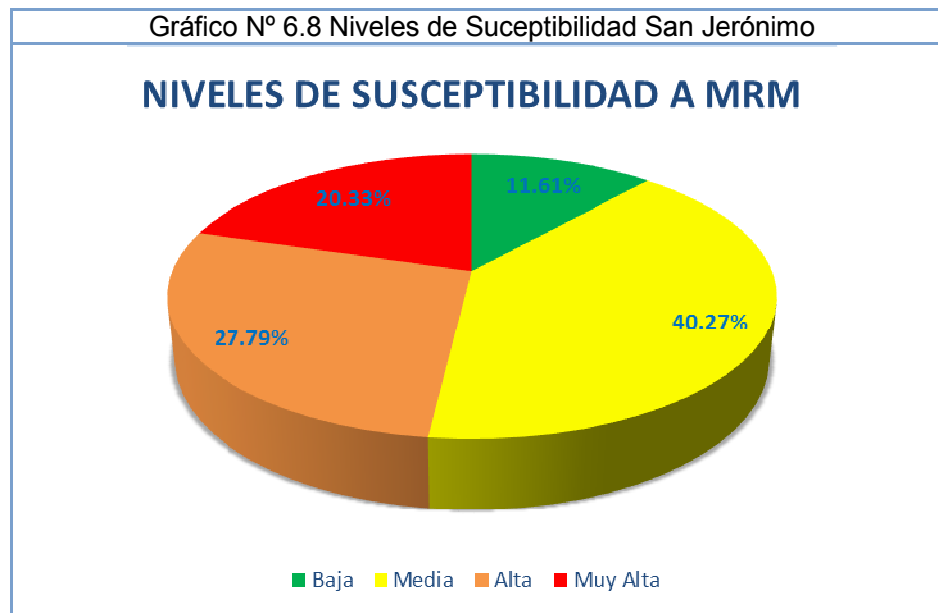
## **6.2.8 Mapa de Suceptibilidades**

Una vez obtenido todos los descriptores con sus respectivos pesos ponderados y pesos específicos se procede a generar el “Mapa de susceptibilidades” el cual nos indica que zonas son las más propensas a sufrir procesos erosivos y por ende Movimientos de Remoción en Masa (MRM), este mapa, si bien es una aproximación a lo que ocurre en la realidad, nos da un alto grado de certeza debido a la cantidad de información con la que se generó.

### **6.2.8.1 Análisis del mapa de susceptibilidades**

A partir del Mapa de susceptibilidades se elaboró el gráfico N° 6.8 en el que podemos distinguir claramente que el mayor porcentaje del territorio del distrito está ubicado en zonas con niveles de susceptibilidad media con 40.27% seguido de la susceptibilidad alta con 27.79%, mientras que la susceptibilidad muy alta y baja tienen valores de 20.33% y 11.61%, respectivamente.

Entre la susceptibilidad alta y muy alta, que son las áreas donde existe la mayor probabilidad que los MRM se presenten, suman 48.12%, es decir, casi la mitad del territorio es susceptible a presentar algún tipo de MRM. Estos territorios están ubicados principalmente en las quebradas de los ríos con pendientes mayores a 30° tanto al norte como al sur del distrito, además de los sectores con presencia de suelos de la formación San Sebastián, principalmente en el sector Huayrancalle y en las quebradas Cacllacancha y Tambillo; mientras que el área más segura del distrito tiene tan solo 11.61%, esta área se encuentra ubicada principalmente en el piso de valle de la cuenca del río Huatanay y algunas partes dispersas al sur del distrito donde la pendiente es menor a 20°. (Ver Mapa de susceptibilidades).



### 6.3 ELABORACION DEL MAPA MOVIMIENTOS DE REMOSION EN MASA

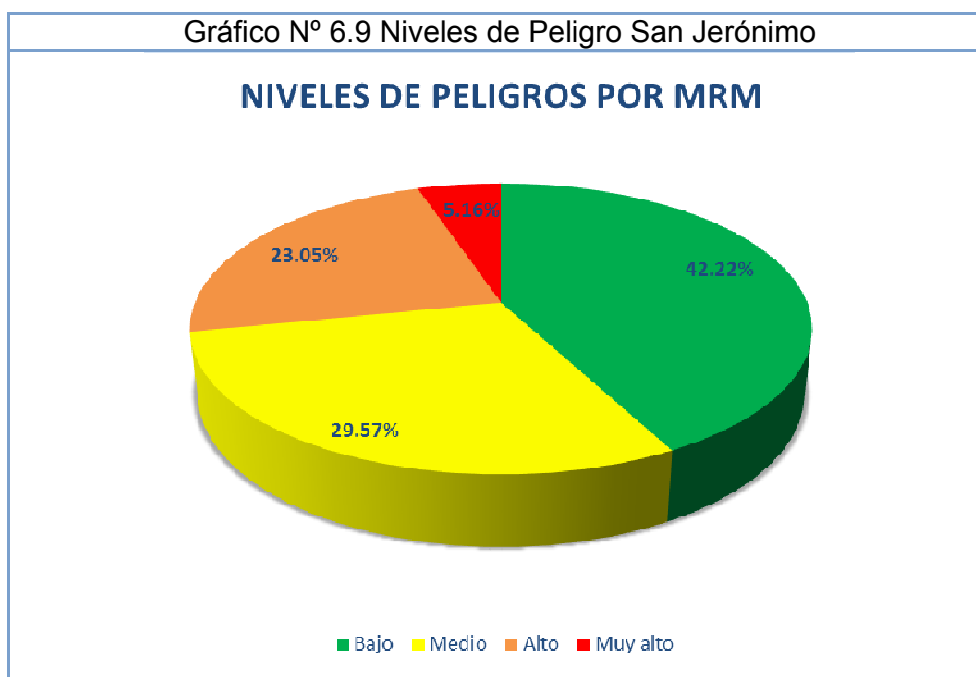
El mapa de MRM esta descrito con más detalle en el capítulo V dentro de geodinámica externa, para ello se analizaron los distintos tipos de MRM que existen en la zona, catalogándolos, sistematizándolos y ubicándolos espacialmente de acuerdo a su tipología, de acuerdo a las características particulares para cada uno de ellos, principalmente la litología, el grado de fracturamiento y alteración de la roca, la pendiente, la erosión, etc. Debido a que estos movimientos existen en la actualidad y que están erosionando en forma activa el terreno su peso específico es mayor por la cantidad de material que erosiona y arrastra. La mayor concentración de dichos MRM se concentran en las microcuencas a manera de Flujos de detritos o de lodo, transportando el material hacia el área urbana del distrito, mientras que hacia las partes altas tanto al norte como al sur encontramos caídas de rocas en forma aislada. (Ver Mapa de Movimientos de remoción en masa)

#### **6.4 ELABORACION DEL MAPA DE PELIGROS POR MOVIMIENTOS DE REMOSION EN MASA**

La topografía del distrito de San Jerónimo se ajusta muy bien a la delimitación política tanto al norte como al sur del distrito puesto que el “divortium aquarium” coincide exactamente con los límites distritales, existe una diferencia de altitudes que varían de 3220 metros de altitud en el piso de valle del río Huatanay, de 4480 metros de altitud en el cerro Atascasa hacia el norte y 4280 metros hacia el sur en el Cerro Chuerenapata. La pendiente es variada al igual que la litología, siendo el principal agente de erosión el agua, el cual actúa principalmente en época de lluvias. De acuerdo a estas características y dentro de un enfoque de cuenca los MRM en las partes superiores de las microcuencas llegan hasta el río Huatanay, estos movimientos han sido evaluados, codificados y descritos de acuerdo a su importancia en fichas (Ver Anexo). La importancia de esta información radica en que los MRM aportan material, el mismo que es transportado hacia las partes más bajas, es decir la zona urbana y de expansión urbana, por otro lado, las características en cuanto a la cobertura vegetal del distrito las hacen únicas puesto que existen importantes áreas boscosas que actualmente vienen estabilizando el terreno; muchas de estas áreas están ubicadas encima de material cuaternario del tipo coluvio-aluvial y algunas en zonas rocosas; en un futuro si estas áreas se llegaran a talar en forma descontrolada sin un adecuado tratamiento significaría el aumento de la erosión y consiguientemente el transporte de material hacia las zonas pobladas ubicadas en las partes más bajas del distrito, es necesario mantener este uso de suelos como zona boscosa e inclusive hacer el cambio progresivo con especies nativas ya que el eucalipto no es la mejor alternativa, más aun si no se le da el debido tratamiento.

### 6.4.1 Análisis del Mapa de peligros

A partir de la información obtenida (Ver mapa de peligros por MRM) podemos observar que el 5.16% del área total del distrito de San Jerónimo está ubicada dentro de las zonas con peligro muy alto (Ver gráfico N° 6.9), sin embargo, según el mapa de susceptibilidades (Ver gráfico N° 6.8) el 28.33% del territorio es susceptible a generar algún tipo de MRM. Por otro lado, el área más segura del distrito según el Mapa de peligros corresponde al 42.22%, sin embargo solo el 11.61% del distrito no es susceptible a sufrir MRM según el Mapa de susceptibilidades. Por último el 28.21% del distrito necesita una intervención inmediata por estar considerados como zonas con peligro muy alto y alto.



#### 6.4.1.1 Zonas de peligro muy alto

Según el Mapa de peligros por MRM el 5.16% del territorio está considerado dentro de esta categoría, están ubicados a las quebradas que transportan material a las partes bajas principalmente como flujo de detritos hacia el norte y flujo de lodos hacia el sur. A continuación señalamos los lugares más importantes con este nivel de peligros:

Tabla 6.3 Evaluación de zonas con nivel de peligro muy alto

Lugares Mas Importantes	MRM	Factores Condicionantes Mas Importantes	Factores Desencadenantes	Zonas Afectadas	Medidas Correctivas
<b>Quebrada Thuniyoc</b>	FD DR	-Existencia de litología altamente fracturada -Presencia de fallas activas -Pendiente abrupta	-Precipitación pluvial -Movimientos sísmicos	-APV Larapa -Otros	-Tratamiento integral de la cuenca (previo un estudio geológico – geodinámico a detalle) en el que se incluyan: evacuación de aguas pluviales, forestación intensiva con especies nativas, tratamiento de los disipadores 1 y 2 -Implementación de un SAT -Fortalecimiento de Capacidades del Comité distrital de Defensa Civil -Reubicación de las viviendas ubicadas dentro de este nivel
<b>Sector Concevidayoc</b>	FD	-Existencia de material coluvio-aluvial -Deforestación -Expansión urbana desordenada y sin planificación	-Precipitación pluvial -Corte de talud para la construcción de viviendas	-APV Larapa	-Estabilización de laderas -Forestación con especies nativas
<b>Microcuenca Huacotomayo</b>					
<b>Parte Baja (Sector Lircay, Pata Pata Anden)</b>	FD	-Existencia de depósitos coluvio-aluviales -Extracción desmedida de la Cantera Pata Pata -Expansión urbana desordenada -Erosión fluvial intensa	-Precipitación pluvial Sobreexplotación de la cantera de agregados	-Anden Anden -Lircay Pata -Collana -Chahuanqosqo -Venancia Huaylla -Otros	-Estudio geológico a detalle -Estudio de impacto ambiental -Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras
<b>Parte Media – Alta</b>	FD CR CS DR	-Existencia de litología altamente fracturada -Pendientes abruptas -Presencia de fallas activas -Inadecuada extracción de las canteras de piedra laja de Huacoto -Erosión fluvial intensa	-Precipitación Pluvial -Movimiento sísmico -Sobreexplotación de la cantera de Huacoto	-Comunidad Campesina de Huacoto -Asentamientos humanos que se encuentran en la parte baja del río Huacotomayo	-Tratamiento integral de la microcuenca previo estudio geológico-geodinámico a detalle -Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras -Implementación de un SAT -Fortalecimiento de capacidades del Comité de Defensa Civil distrital
<b>APV Altiva Canas</b>	EL	-Existencia de suelos inconsolidado producto de rellenos -Apertura de carretera que debilita talud -Existencia de fallas inferidas cerca al lugar	-Precipitaciones pluviales -Movimientos sísmicos	-APV Altiva Canas	-Reubicación de las viviendas ubicadas dentro del área de peligro muy alto y alto a partir de estudios geológicos a detalle que contemplen estudio de suelos, geofísica y geotecnia
<b>Sector Ladrilleras: Entre las Quebradas de Huñaypocco y Tankarpunco</b>	FL EL CS	-Existencia de suelos inconsolidado pertenecientes a la formación San Sebastián -Extracción desmedida y sin control de material para la fabricación de tejas y ladrillos -Expansión urbana desordenada -Relleno de cárcavas con material de construcción -Sobreexplotación del recurso agua,	-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico -Sobreexplotación de canteras de arena, limo y arcilla	APVs y AAHH existentes en el área de estudio	-Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras previo estudio geológico-geotécnico y de Impacto ambiental a detalle -Estudios geológicos a detalle para determinar las zonas de relleno -Reubicación de las viviendas -Reubicación y concentración de los mineros a un área determinada a fin de generar un menor impacto entre las quebradas de Tejas y Ladrillos y Huachayoc
<b>Quebradas Mayuk'uchi y Sector Tambillo</b>	FD	Existencia de suelos inconsolidado pertenecientes a la formación San Sebastián -Pendiente pronunciada -Deforestación	-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico	Propiedad pública de investigación de la UNSAAC	-Tratamiento integral de las microcuencas previo estudio geológico - geodinámico y de impacto ambiental que contemple forestación con especies nativas, evacuación de aguas pluviales y estabilización de laderas.

### 6.4.1.2 Zonas de peligro alto

Según el Mapa de peligros por MRM el 23.05% del territorio está considerado dentro de esta categoría, también está asociado a las quebradas de que transportan material hacia el río Huatanay, sin embargo también encontramos zonas con pendientes entre 20° y 40° el MRM que afecta predominantemente estas zonas lo constituyen los flujos de detritos y flujos de lodos, estas zonas cobran importancia al igual que las zonas de peligro muy alto debido a que inciden directamente en el área urbana aumentando el nivel de riesgo. A continuación señalamos los lugares más importantes con este nivel de peligros:

Tabla 6.4 Evaluación de zonas con nivel de peligro alto

Lugares Mas Importantes	MRM	Factores Condicionantes Mas Importantes	Factores Desencadenantes	Zonas Afectadas	Medidas Correctivas
<b>Parte baja de las quebradas Arcopunco, Lloqllpata, Puccaccata, Jatunhuayjo, Unucñahun, Huacotomayo, Asnocanchahuayco, Llampahuayjo</b>	FD	-Existencia de material coluvial -Expansión urbana desordenada -Deforestación	-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico	-Área urbana y de expansión urbana cercana a las quebradas	-Tratamiento integral de las microcuencas previo estudio geológico y de impacto ambiental que contemple forestación con especies nativas, evacuación de aguas pluviales y estabilización de laderas.
<b>Parte alta de las quebradas Arcopunco, Jatunhuayjo, Unucñahun, Huacotomayo, Asnocanchahuayco, Llampahuayjo</b>	FD CR CS VR DR	-Existencia de material coluvial -Formaciones geológicas altamente fracturadas -Pendientes empinadas a muy empinadas con más de 30° -Erosión fluvial intensa	-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico	-CC de Huacoto	-Tratamiento integral de las microcuencas previo estudio geológico – geodinámico y de impacto ambiental que contemple forestación con especies nativas, evacuación de aguas pluviales y estabilización de laderas.
<b>Sector comprendido entre las quebradas Huñaypocco y Tankarpunco</b>	FL EL CS	-Existencia de suelos incoolidado pertenecientes a la formación San Sebastián -Extracción desmedida y sin control de material para la fabricación de tejas y ladrillos -Expansión urbana desordenada -Relleno de cárcavas con material deconstrucción	-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico -Sobreexplotación de canteras de arena, limo y arcilla	-APVs y AAHH existentes en el área de estudio	-Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras previo estudio geológico-geotécnico y de impacto ambiental a detalle -Estudios geológicos a detalle para determinar las zonas de relleno -Reubicación y concentración de los mineros a un área determinada a fin de generar un menor impacto entre las quebradas de Tejas y Ladrillos y Huachayoc



<p><b>Parte media – alta del rio Kayra (sectores Ccollallacta, Soncco Chico, Soncco Grande, Quiswarpata, Puncuhuaylla Ushoabamba, Chimaconchacalla, Antapujio y Percollo)</b></p>	<p>FD CS CR</p>	<p>-La pendiente empinada -La apertura de la carretera hacia Paruro</p>	<p>-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmicos</p>	<p>-CC de Soncco Chico, Soncco Grande - Chimaconchacalla -Antapujio -Cachopata</p>	<p>-Estabilización de laderas -Forestación intensiva con especies nativas</p>
<p><b>Parte alta del rio Mayuk'uchi Sector Cabracancha</b></p>	<p>FD CS</p>	<p>-Existencia de suelos inconsolidado pertenecientes a la formación San Sebastián -Pendientes empinadas -Deforestación -Incendios forestales</p>	<p>-Precipitaciones pluviales -Movimientos sísmicos</p>	<p>Propiedad pública de investigación de la UNSAAC</p>	<p>-Tratamiento integral de la microcuenca previo estudio geológico - geodinámico y de impacto ambiental que contemple forestación con especies nativas, evacuación de aguas pluviales y estabilización de laderas.</p>

### 6.4.1.3 Zonas de peligro medio y bajo

Sumando ambas áreas tenemos 71.79% destinadas para este tipo de niveles, los cuales están ubicados en el área urbana, de expansión urbana así como en las partes altas del distrito, tanto al sur como al norte, asociadas principalmente a pendientes de 0° 20° de inclinación, constituyendo las zonas más estables del distrito.

A continuación señalamos los lugares más importantes con este nivel de peligros:

Tabla 6.4 Evaluación de zonas con niveles de peligro medio y bajo

Lugares Mas Importantes	MRM	Factores Condicionantes Mas Importantes	Factores Desencadenantes	Zonas Afectadas	Medidas Correctivas
<p><b>Zonas laterales y conexas al peligro alto</b></p>	<p>CR CS DR EL FD FL LR VR</p>	<p>-Existencia de suelos inconsolidados pertenecientes a la formación San Sebastián , depósitos coluvio – aluviales y aluaviales -Extracción sin control de material para la fabricación de tejas y ladrillos, piedras lajas y agregados -Expansión urbana desordenada -Relleno de cárcavas con material de construcción</p>	<p>-Precipitaciones pluviales -Movimiento sísmico -Sobreeplotación de canteras de arena, limo y arcilla</p>	<p>Áreas urbanas, de expansión urbana así como Comunidades Campesinas de todo el distrito</p>	<p>-Tratamiento integral de la microcuenca previo estudio geológico - geodinámico y de impacto ambiental que contemple forestación con especies nativas, evacuación de aguas pluviales y estabilización de laderas. -Estabilización de laderas -Forestación intensiva con especies nativas -Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras previo estudio geológico-geotécnico y de Impacto ambiental a detalle</p>



## **CAPITULO VII**

### **DIAGNÓSTICO URBANO PARA LA DEFINICIÓN DE LINEAMIENTOS GENERALES DE POLITICA DE CRECIMIENTO Y EXPANSIÓN URBANA**

#### **7.1 ANÁLISIS DEMOGRÁFICO**

##### **7.1.1 Volumen de Población por Área Urbano Rural**

Se ha realizado el análisis de la evolución poblacional considerando toda la información existente de los censos de población del INEI, desde el año 1940 hasta el año del 2007, con un total 6 censos y 5 periodos inter censales.

Un aspecto importante es observar como desde el año 1940 la población urbana que representaba el 51,5% ha pasado a representar el 93,66% de la población total del distrito al 2007. Para este último año censal la población rural solo representa el 6,34% , que evidencia un alto nivel de urbanización y migración campo ciudad puesto de que la población absoluta decreció de 2175 a 2009 habitantes en 67 años.

Según el Censo del 2007 se tiene una población urbana de 29, 678 hab., que representa un 93,7% de la población total, y una población rural de 2009 hab., que representa el 6,34% de la población total del distrito. Caracteriza esta gran diferencia las actividades mayoritarias de comercio y servicios en relación a la agropecuaria a nivel distrital, por lo que es una población mayoritariamente urbana desde el censo de 1940 en que se tiene información censal.

Comparativamente a nivel departamental para el 2007 se tiene que un 55% de la población es urbana frente al 93,7 en el distrito de San Jerónimo. 45% de la población departamental es rural frente a tan solo 6,34 a nivel del distrito de San Jerónimo, clasificándola como una población netamente urbana con tendencias cada vez mayores a la urbanización aun cuando posee población rural de comunidades campesinas, estas en términos relativos no tienen un peso que pueda cambiar en absoluto las tendencias actuales.

La densidad urbana ha pasado de tener una tasa de crecimiento de 0.38% en el periodo intercesal 40-61 a 5,4% en el último periodo 93-07, lo que evidencia un rápido incremento de la densidad poblacional en el distrito (ver Cuadro N° 7.1).

Cuadro N° 7.1						
Evolución de la Población Urbano Rural y Densidad Bruta Distrito de San Jerónimo Departamento de Cusco						
<b>Censo</b>	urbano	2.310	51,5			
	rural	2.175	48,5			
	<b>1940</b>	<b>4,485</b>	100	100,5	44,6	
<b>Censo</b>	urbano	3.247	66,9			
	rural	1.603	33,1			
	<b>1961</b>	<b>4,850</b>	100	100,5	48,3	0,38
<b>Censo</b>	urbano	4.562	73,9			
	rural	1.612	26,1			
	<b>1972</b>	<b>6,174</b>	100	100,5	61,4	2,2
<b>Censo</b>	urbano	7.426	71			
	rural	3.031	29			
	<b>1981</b>	<b>10,457</b>	100	100,5	104,0	6,03
<b>CENSO</b>	urbano	13.668	90,1			
	rural	1.498	9,9			
	<b>1993</b>	<b>15,166</b>	100	100,5	150,9	3,15
<b>CENSO</b>	urbano	29.678	93,66			
	rural	2.009	6,34			
	<b>2007</b>	<b>31,687</b>	100	100,5	315,3	5,4

Fuente: Elaboración propia en función a información del INEI

### 7.1.2 Tasas de Crecimiento Urbano Rural y Proyecciones al 2013

Las diferencias de las tasas de crecimiento urbano y rural en el distrito son muy marcadas. Así, la tasa de crecimiento urbano del periodo intercensal 1940-1961 (21 años) es de apenas 1,63% mientras que la tasa de crecimiento rural en el mismo periodo es negativa (-1,44%). Para los siguientes años, periodo 1961-1972 la tasa urbana presenta un incremento sustantivo a 3,13 aumentando considerablemente en los 9 años siguientes a 5,56% entre el 1972-1981 decreciendo ligeramente los

siguientes años para experimentar un repunte en el último periodo intercensal 1993-2007 de 5,69 el más alto índice de su historia.

A nivel rural las tasas son muy bajas en los diferentes periodos intercensales teniendo picos negativos en los periodos 1940-1961 de -1,44% y en el período 1981-1993 de -5,7%; por el contrario tuvo un incremento de la tasa entre los periodos 1972-1981 y entre el 1993-2007 pero que no representa incremento importante en el volumen poblacional total del distrito, es decir solo se incrementó alrededor de 500 habitantes en los últimos 14 años (ver Cuadro N° 7.2).

Cuadro N° 7.2 Tasa Crecimiento Poblacional Intercensal por Área

	Periodo Intercensal		Dif. en Años	Tasa Intercensal	
				Urbana	Rural
año	1940	1961	21	1,63	-1,44
población	4,485	4,850			
año	1961	1972	11	3,13	0,05
población	4,850	6,174			
año	1972	1981	9	5,56	7,26
población	6,174	10,457			
año	1981	1993	12	5,21	-5,7
población	10,457	15,166			
año	1993	2007	14	5,69	2,11
población	15,166	31,687			
año	2007	2013	6	5,38	
población	31,687				
año	2013	2023	10		

Fuente: Elaboración propia en función a información del INEI

Respecto a las proyecciones poblacionales al 2013 se tiene que el INEI proyecta una población distrital de 43,406 hab. esta representa el 9,97% de la población provincial que alcanza una cifra de 435,114 hab.

### 7.1.3 Migración Poblacional

Respecto a la migración poblacional, según el último Censo Poblacional 2007 se tiene que los lugares de inmigración poblacional respecto al indicador del lugar donde vivía la madre del censado son del propio

departamento de Cusco con 89.39%, seguido por el departamento de Apurímac con 2,73%, Puno con un 2.34%, Lima con 1,98% y Arequipa con 1,3%, dentro de muchos lugares del Perú y del extranjero. Este último registra un índice de 0.34% de personas (109 casos). Lo que refiere la existencia de cada vez más población extranjera producto de la creciente actividad turística en la ciudad del Cusco (ver Cuadro N° 7.3).

Cuadro N° 7.3. En Que Distrito y Dpto. Vivía su Madre - Según Departamentos  
Censo de Poblacion y Vivienda 2007

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Extranjeros	109	0,34	0,34
Dpto. Amazonas	12	0,04	0,38
Dpto. Ancash	15	0,05	0,43
Dpto. Apurímac	865	2,73	3,16
Dpto. Arequipa	412	1,3	4,46
Dpto. Ayacucho	57	0,18	4,64
Dpto. Cajamarca	13	0,04	4,68
Prov. Const. del Callao	16	0,05	4,73
Dpto. Cusco	28.324	89,39	94,12
Dpto. Huancavelica	12	0,04	94,16
Dpto. Huanuco	23	0,07	94,23
Dpto. Ica	26	0,08	94,31
Dpto. Junin	39	0,12	94,43
Dpto. La Libertad	24	0,08	94,51
Dpto. Lambayeque	19	0,06	94,57
Dpto. Lima	627	1,98	96,55
Dpto. Loreto	7	0,02	96,57
Dpto. Madre de Dios	232	0,73	97,3
Dpto. Moquegua	33	0,1	97,41
Dpto. Pasco	4	0,01	97,42
Dpto. Piura	19	0,06	97,48
Dpto. Puno	743	2,34	99,82
Dpto. San Martín	11	0,03	99,86
Dpto. Tacna	34	0,11	99,97
Dpto. Tumbes	3	0,01	99,97
Dpto. Ucayali	8	0,03	100
<b>Total</b>	<b>31.687</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI

Se deduce del análisis realizado que la población inmigrante proviene de los departamentos cercanos de Apurímac, Puno y Arequipa, que

corresponden a los corredores económicos macro regionales que han formado a través de los años relaciones de parentesco y niveles de comercio y prestación de servicios con cabeza del sistema urbano en la ciudad de Arequipa con una población de 852, 807 habitantes según proyecciones del INEI para el 2013. En términos absolutos el departamento de Apurímac es aquel que aunque se ubica en el polo opuesto de la ciudad tiene el mayor índice de migración al distrito de San Jerónimo con 865 casos para el 2007 que representa el 2,73% del total de madres de actuales pobladores que viven el distrito de origen apurimeño.

#### 7.1.4 Distribución Poblacional por Sexo

La distribución poblacional en el por sexo en el distrito de San Jerónimo a través del tiempo se ha invertido, puesto de que en el censo de 1940 se tuvo un 49.9% de hombres y un 50,1% de mujeres, en 1961 sucede una variación importante en la composición con 66,9% de hombres volviéndose a normalizar este índice para el año 1972 manteniéndose con esas diferencias hasta las proyecciones al 2013 en la que se estima un 48.8% de hombres y 51,2% de mujeres.

Cuadro N° 7.4. Censo De Poblacion De 1972  
Distribución Poblacional Por Sexo Distrito De San Jerónimo

Año Censal	Población Total	%	Población			
			Hombres	%	Mujeres	%
1940	4,485	100	2,236	49,9	2,249	50,1
1961	4,850	100	3,247	66,9	1,603	33,1
1972	6,174	100	3,154	51,1	3,020	48,9
1981	9,093	100	4,496	49,4	4,597	50,6
1993	15,166	100	7,888	52,0	7,278	48,0
2007	31,687	100	15,504	48,93	16,183	51,07
2013	43406	100	21,173	48,8	22,233	51,2

Fuente: Elaboración propia en función a información del INEI

Según las proyecciones del INEI para el 2013 hay 1060 más mujeres que hombres en el distrito, es decir que las mujeres representan el 51,2% de la población, es decir más mujeres que en ningún otro año censal anterior (ver Cuadro 8.4).



Según las proyecciones del INEI para el año 2014 habrán 2,382 más mujeres que hombres y el 2015 habrán 2,528 más mujeres que hombres.

Los valores relativos de población en mujeres en el 2007 a nivel departamental es de 50,1% y en el distrito de San Jerónimo es de 51,07 lo que refleja mayor nivel de fecundidad en el distrito que el promedio departamental.

La población en varones a nivel departamental es de 49,9% en el 2007, sin embargo en San Jerónimo es de 48,93 %.

### 7.1.5 Distribución Poblacional por Edad

Según la composición por edad en el año 1981, existe una población cuya distribución etaria grafica una pirámide de edades de tipo progresiva o expansiva, (ver Cuadro 8.5 y Gráfico N° 8.1) caracterizada por una base muy ancha y una punta muy pequeña de población adulta que refleja un potencial de crecimiento urbano en un periodo de 20 años siguientes a 1981, es decir que al 2013 existe mayor población en periodo reproductivo lo que explica el alto crecimiento poblacional actual. Si consideramos esta variable correlacionándola con el porcentaje cada vez mayor de mujeres que hombres, se deduce que habrán tasas de crecimiento poblacional cada vez mayores con consiguiente aumento de población y demanda de suelo urbano.

Cuadro N° 7.5  
Censo Nacional VIII de Población y III De Vivienda 1981  
Distrito de San Jeronimo

Categorías	Casos	%	Acumulado %
0-4	1.208	13,28	13,28
05 a 9	1.266	13,92	27,21
10 a 14	1.325	14,57	41,78
15-19	938	10,32	52,1
20-24	810	8,91	61
25-29	606	6,66	67,67
30-34	537	5,91	73,57
35-39	499	5,49	79,06
40-44	393	4,32	83,38

45-49	355	3,9	87,29
50-54	342	3,76	91,05
55-59	240	2,64	93,69
60-64	138	1,52	95,21
65-69	124	1,36	96,57
70-74	140	1,54	98,11
75-79	60	0,66	98,77
80 y más	112	1,23	100
<b>Total</b>	<b>9.093</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

La pirámide es equilibrada según género puesto que es una pirámide simétrica respecto al eje vertical con muy ligeras diferencias no significativas.

Gráfico N° 7.1. Piramide de Edades según Censo del 1981  
**Varones** **Mujeres**

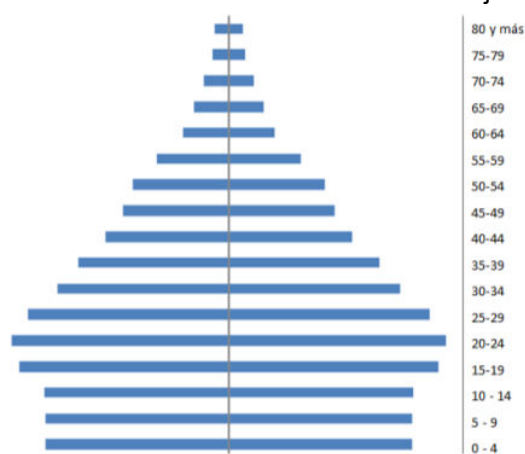


Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de 1981

Para el año 2013 se ve una evolución de la población 32 años después de 1981 (ver Gráfico N° 8.2) en la que la población comprendida entre los años 15 a 29 años predominan en cantidad y proporción a los demás rangos de población, esto significa que una mayor participación en la PEA local, mayor demanda de vivienda por los nuevos hogares constituidos, así como mayor demanda de servicios educativos de nivel secundario y superior.

Por otro lado observamos que en el rango de población entre 0 a 14 años al 2013 disminuye proporcionalmente, respecto a 1993 esto se explica porque en los años 70 se registra el mayor incremento de natalidad que en ninguna otra década. Se espera que la población en el 2023 en mayor proporción tendrá entre 25 a 39 años, es decir con mayor nivel adquisitivo que en la actualidad aspecto que se traducirá en una mayor demanda de suelo urbano.

Gráfico N° 7.2. Piramide De Edades Según Proyección Al 2013  
Varones Mujeres



Fuente: Elaboración propia con base a la Proyección del INEI Para el 2013

## 7.2 TENDENCIAS DE CRECIMIENTO URBANO RURAL

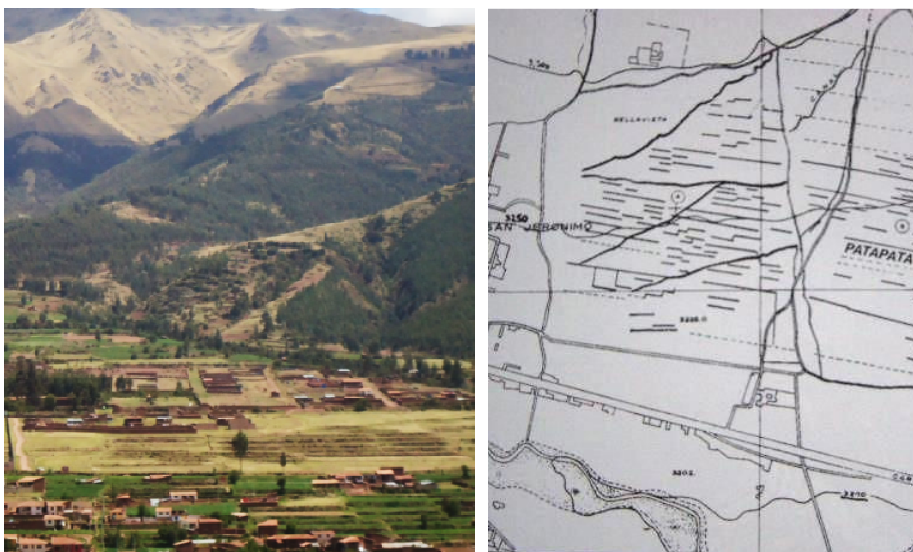
### 7.2.1 Atecedentes Históricos de Ocupación del Territorio

El distrito de San Jerónimo presenta un crecimiento a partir de las primeras ocupaciones prehispánicas hasta la actualidad con un inicio muy lento y finalmente muy acelerado, desde poblaciones tribales dispersas a comunidades urbanas concentradas en proceso de consolidación y crecimiento vertical. Se desarrolla el análisis respecto a los tres periodos históricos: prehispánico considerado desde la prehistoria hasta antes de la llegada de los españoles, el periodo colonial y el periodo republicano considerado hasta nuestros días.

### a. Periodo Prehispánico.-

Antecedentes históricos de ocupación en el territorio “ *En el periodo intermedio tardío el territorio fue ocupado por diferentes grupos étnicos... Omas y los Maras en San Jerónimo, etnias que se asentaron en zonas altas y bajas del valle*”<sup>3</sup>

El patrón de asentamiento fue en esta época disperso con estructuras no permanentes con predominio de las zonas altas y laderas medias como lo evidencian los restos arqueológicos identificados en el distrito como son el sitio arqueológico Larapa, Chimaracay Raq`arayniyoq, Huayllapampa, Puskar, Kallampata, S. A, Qencha, Conventomoqo, Zona Arqueológica Checollo, Huaccoto, etc.



Fotografía 7.1. Andenes de Patapata al Oeste de la ciudad de San Jerónimo. Estructuras prehispánicas de Patapata<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Patrimonio y mágico territorio, Guaman Poma de Ayala, 2002

<sup>4</sup> Guaman Poma de Ayala, 2002

En la época prehispánica en este territorio se desarrollaron obras de infraestructura agrícola que sirvieron para la alimentación de la población ubicada mayormente de manera dispersa en el piso de valle rodeado por los Apus tutelares tanto en la zona norte (Picol, Pachatusan) como en el sur (Apu Huanacaure) límites físicos visuales y a la vez simbólicos del territorio. Elementos que enmarcaron la identidad de los pobladores del lugar.

Otros elementos estructuradores del territorio son el río sagrado del Huatanay y los Seques que refieren diversas fuentes históricas.

*“Seque, una peculiar y particular forma de organización y segmentación del espacio andino desde un punto de vista religioso, ritual, económico y socio político”<sup>5</sup>*

*“En el camino al Collasuyo y en el recorrido del río Huatanay, estuvieron diseminados los principales ceques, incluyendo las más famosas huacas”<sup>6</sup>*



Fotografía N° 7.2 Andenes de Larapa y Santa María, San Jerónimo 1962  
Fuente: SAN 1962

<sup>5</sup> German Zecenarro Benavente, El Sistema Seque y las wakas santuarios de Cusco prehispánico, Revista Arquitectónica, año N° 1, n° 1 CAP, 2012

<sup>6</sup> Brian Bauer, 1998 The SacredLandscape of the Inca, the Cusco CequeSystem, ref. de Patrimonio y mágico territorio, Guamán Poma de Ayala, 2002

Se puede determinar que la importancia del eje vial articulador al Collasuyo descrito en las crónicas y que a la luz de las evidencias urbanísticas de consolidación a ambos lados del eje, califica a esta como la de mayor importancia del sistema vial del Cusco por su desarrollo en la parte baja del Valle del Cusco o del río Huatanay a diferencia de otros ejes que tienen que transmontar las montañas del Norte u Oeste de la ciudad con cierta dificultad en su desarrollo. Este articula diversos elementos territoriales desde canteras, áreas productivas, centros poblados de diferentes jerarquías, áreas naturales hasta llegar a Piquillacta límite geográfico que delimita el Valle del Cusco, antiguo control de acceso a la ciudad del Cusco.



Fotografía N° 7.3. Rio Huatanay de Valor Simbólico en la Época Inca  
*Fuente: C. Alfaro O.*

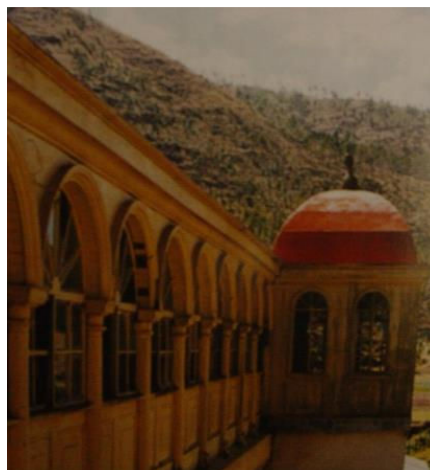
#### **b. Periodo Colonial.-**

Se tiene la imposición de un patrón de ocupación hispánico en San Jerónimo en función de un patrón en Cusco ciudad fundada en 1534 bajo las disposiciones de la Real Cédula de Felipe II sobre nuevos asentamientos de la nueva España. Desde 1571 de su fundación se desarrolla otro patrón de ocupación impuesto cuyo propósito fue la concentración y control de poblaciones oriundas.





Fotografía 7.4. Hacienda San Miguel de Buena Vista, siglos XVII y XVIII<sup>7</sup>



Fotografía 7.5. Casa de hacienda La Angostura, Siglos XVII al XX.<sup>8</sup>

La Real Cedula de Felipe II, establecía que las calles y orientación han de ser en lugares levantados a donde haya sanidad y fortaleza y fertilidad y acopio de tierras de labor y pasto, leña y madera y materiales, aguas dulces, gente natural, acarretos, entrada y salida que este descubierta de viento norte. Buenos materiales, orientados hacia el sur y continuidad vial. La forma simple de damero que se le dio a las nuevas ciudades era además una forma expandible, fue el modelo aplicado en la mayoría de ciudades, por ser el modelo más funcional y regular.

En San Jerónimo se aplicó la forma simple de damero que se le dio a la mayoría de nuevas ciudades que era además una forma expandible hacia todos los lados. Es el modelo más funcional y regular creado por el hombre aplicado a innumerables asentamientos humanos del territorio nacional.

Sin embargo, lejos de establecer criterios de clima, vientos, vías, etc. la norma real **no considera el componente de riesgos**, claro está que muchas reducciones y asentamientos hispánicos se desarrollaron en zonas de muy alto peligro ante aluviones e inundaciones como es el caso

<sup>7</sup> Patrimonio y Magico Territorio, Centro Guaman Poma de Ayala, 2002

<sup>8</sup> Patrimonio y Magico Territorio, Centro Guaman Poma de Ayala, 2002



de Pisac, Taray en el Valle del Vilcanota. No es el caso de San Jerónimo ya que las estructuras del propio templo se emplazan sobre estructuras prehispánicas correspondientes a una antigua Huaca<sup>9</sup>.

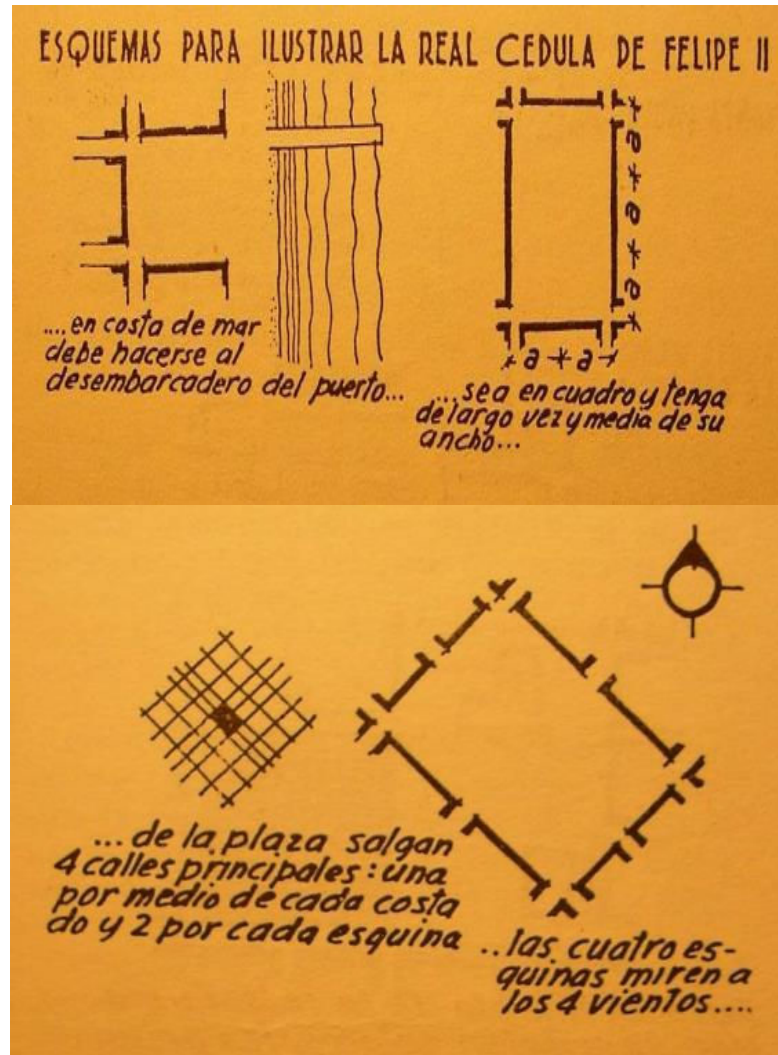


Figura N° 7.1. Esquema De Orientación De Asentamientos Y Disposición de Calles Según Cedula Real De Felipe II  
Fuente: Iniciación al Urbanismo Domingo García Ramos, 1961

En 1690 se menciona referencias de la Doctrina de San Jerónimo por Joan Chamorro, capellán de San Jerónimo, que es una de las 8 parroquias de la ciudad del Cusco con 4 haciendas, llamada una **Angostura** (ubicada actualmente en el distrito de Saylla a la altura del

<sup>9</sup> Patrimonio y mágico territorio, Guamán Poma de Ayala, 2002

estrechamiento geográfico del valle) de Pedro de Peralta conde de la Laguna con 30 indios yanaconas; otra que se nombra **Lirkay** de la religión de predicadores (ubicada actualmente al norte de la comunidad Campesina de Collana), otra llamada **Tuccuguaico** de Domingo de Torres con 3 indios yanaconas y **Caira** hacienda de la religión de Nuestra Sra. de la Merced con 40 indios yanaconas. Se menciona la existencia de dos estancias una de ellas Guacoto con 6 indios (ubicada en el actual poblado de Huacoto). y otra Runtupampa con siete indios (ubicada posiblemente en el sitio denominado Rondobamba al norte del poblado de Saylla). La feligresía de españoles se cifra en tres familias (18 personas aproximadamente) 450 indios originarios. Es decir 25 veces más población originaria que española.

Se deduce que en total para 1690 la población de San Jerónimo era aproximadamente de 468 habitantes<sup>10</sup>.

De los siglos 18 y 19 se tienen relatos de inundaciones ocurridos en la ciudad del Cuzco que si bien sus efectos no fueron cuantificados por la poca ocupación en las áreas de riberas ocasionaron inundaciones en áreas agrícolas dentro de las llanuras de inundación.

*“Martes 1 de marzo de 1702, por la tarde las veintitrés de la parte aquilonar y serranía de Sencca, donde cayó una copiosa lluvia, formaron tal avenida en el rio Guatanay, que con un rápido curso robó gran parte de las riberas amenas de Sappi y de las tiendas de la Calle de en Medio, sobre el mismo río, derribo tres, con perdidas considerable de hacienda, en mercancías y plata, cuyo pesar causó perpetua amencia en uno de los dueños”<sup>11</sup>*

---

<sup>10</sup> Cuzco 1689, documentos, economía y sociedad en el sur andino, Horacio VillanuavaUrteaga CBC 1982

<sup>11</sup> Diego de Esquivel y Navia, Noticias cronológicas de la gran ciudad del Cuzco, Biblioteca Peruana de la Cultura Fundación Augusto Wiese, 1980

En época del Marques de Villagarcía se ha identificado igualmente eventos que han afectado el valle del Cusco por fenómenos hidrometeorológicos como el de 1740:

*“Acaeció en esta ciudad domingo 21 de febrero de 1740 una gran tempestad de rayos que duró dos horas y media, desde las cuatro de la tarde si bien no causo daño alguno su violencia, siguiose sí, tan copiosa lluvia, que las vertientes de los cerros y quebradas septentrionales formaron en el rio Guatanay, que por esa parte desciende, una avenida de tal suerte impetuosa que lo rápido de sus raudales arruinó gran parte de sus riberas y valle nombrado Sappi, derribando casa y arrancando piedras de notablen magnitud”<sup>12</sup>.*

Otros estudios en la actualidad mencionan aspectos demográficos de migraciones involuntarias producto de la conquista y la implantación de una nueva política sojuzgando a la población local. La pérdida de población por la explotación en las minas, los obrajes y la proliferación de enfermedades desconocidas en el continente hicieron que la población indígena disminuya inicialmente de 9 millones a 2 millones según algunos autores en el Tahuantinsuyo.

*“La crisis que siguió a la invasión española, destruyó el Estado redistributivo inca. Se impuso otro tipo de economía que centró su interés en la minería. El despoblamiento que produjo la desestructuración, ocasionó ausencia de brazos para cultivar andenes y terrazas, como de conservarlos y mantenerlos. Es*

---

<sup>12</sup>Diego de Esquivel y Navia, Noticias cronológicas de la gran ciudad del Cuzco, Biblioteca Peruana de la Cultura Fundación Augusto Wiese, 1980

*cuando se inicia el proceso de erosión, seguido de la destrucción de estructuras arquitectónicas que dieron especial fisonomía al valle del Cozco, una bella ciudad rodeada de cultivos den andenes y terrazas lograda ganando tierras agrícolas a la verticalidad de la geografía”.<sup>13</sup>*

### **c. Periodo Republicano**

Desde la época republicana hasta la actualidad se da un proceso de lento crecimiento inicial y explosivo en las últimas décadas configurando un paisaje transformado y en proceso de consolidación de sus áreas intermedias.

“Desde mediados del siglo pasado, teniendo como hito el terremoto de 1950, el proceso de destrucción del paisaje no tiene comparación. El crecimiento de la población debido a la migración ha creado la demanda de tierras urbanizables. El proceso de urbanización se ha vuelto descontrolado, agresivo sin respeto por las evidencias de ocupaciones antiguas, ni de las tierras de cultivo” <sup>14</sup>.

En la actualidad se da un proceso de ocupación urbana desordenada y no planificada, más aún si guarda relación con las condiciones básica de habitabilidad entre las que se considera los peligros por fenómenos de remoción en masa, por lo que es de vital importancia la realización de este estudio con la finalidad de ser un insumo para la formulación del plan urbano distrital como instrumento del desarrollo físico de la ciudad.

El proceso de ocupación en la periferia esta tendiendo a ocupar zonas de peligro identificados en el presente estudio esto es corroborado por las estadísticas más frecuentes de desastres ocurridos y registrados por la dependencia municipal (secretaria técnica hasta antes de la dación de la Ley del SINAGERD). Faltando una adecuada gestión del riesgo por parte

---

<sup>13</sup> Jorge Flores Ochoa , El Valle del Cozco paisaje domesticado, Historia Natural del Valle del Cusco, SOPRONAC, 2005

<sup>14</sup> Jorge Flores Ochoa , El Valle del Cozco paisaje domesticado, Historia Natural del Valle del Cusco, SOPRONAC, 2005

de los propios pobladores del distrito y un nivel de información básica de factores de riesgo a fin de sensibilizar a la población en su rol de autoprotección.

El crecimiento urbano de San Jerónimo se debe analizar en un contexto de ciudad debido a constituirse en un área de influencia del centro donde se orienta la expansión de la ciudad. Es así que alberga una importante población migrante del eje Cusco Puno Arequipa e inclusive del opuesto espacialmente departamento de Apurímac.

Como se muestra en la figura N° 1 a través del eje articulador de la Av, La Cultura se genera un nivel de ocupación sobre este eje y de allí hacia los flancos Norte y Sur, generándose en las últimas décadas procesos paralelos de consolidación y densificación principalmente en la zona de Larapa.

En la época republicana la creación de las comunidades campesinas marco la desaparición de las casas de hacienda colonial con un significado hasta entonces negativo para las poblaciones tradicionales (símbolo de la dominación española), la consecuente expulsión de los hacendados ocasionó la ocupación de estas edificaciones de valor arquitectónico provocando el cambio de uso de los salones y ambientes a corrales y depósitos, al igual que las tierras se procedió a la subdivisión del suelo para los nuevos poseionarios comuneros. En el Cuadro N° 8.6 se puede apreciar como de ha pasado de tener 468 hab. en 1690 a 43,406 hab. el 2013. Y de tener un área de 10 ha. a 988 ha. en 323 años.

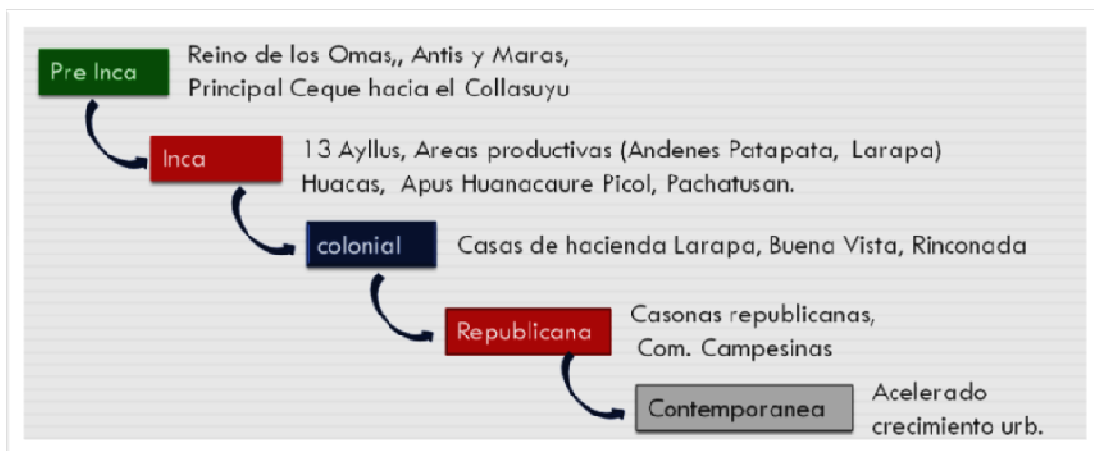


Gráfico N° 7.3. Ocupación Territorial Según Periodos Históricos

Cuadro N° 7.6. Área y Población Entre 1690 Y 2013

Año	Población	Área Urbana
1690	468 Hab . Aprox. (Joan Chamorro Refiere Población De 3 Familias De Españoles Y 450 Nativos.	10 Ha. (Aprox)
2013	43,406 Hab. (La Población Se Ha Multiplicado 92 Veces Desde 1960)	988.25 Ha.

Si vemos el crecimiento urbano desde 1924 a 1988 realizado por Raúl Carreño, evidenciamos que el distrito de San Jerónimo inició su proceso de conurbación hacia 1980 con la expansión hacia el Oeste del centro histórico hasta entonces el límite urbano del distrito (ver gráfico N° 8.4), La construcción del nuevo aeropuerto en la década de los 70`marco una extensión de la ciudad hacia el Este. Otros factores de atracción hicieron que hacia 1980 la zona de Santutis experimente un crecimiento desde San Sebastián hacia el Este recortando cada vez más las islas rústicas en este eje hasta desaparecerlas en la actualidad.

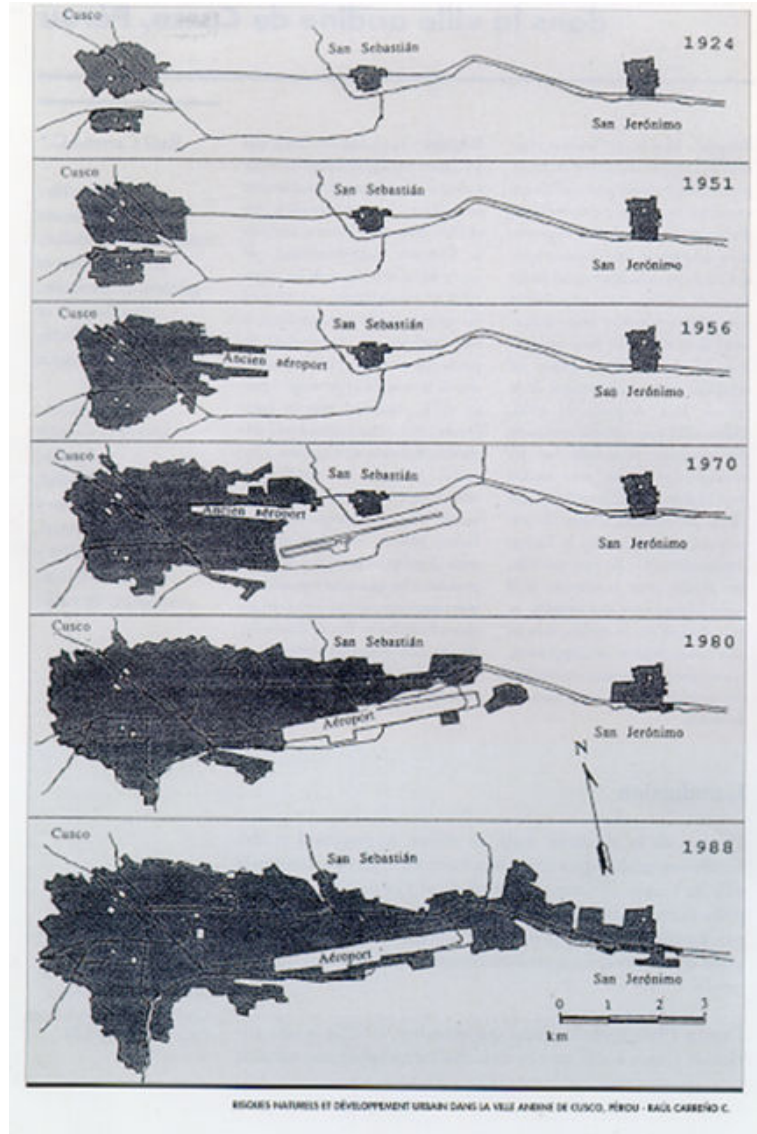


Gráfico N° 7.4. Crecimiento Urbano De Cusco y San Jerónimo  
Fuente Raúl Carreño

### 7.2.2 Análisis de los Procesos de Habilitación Urbana y Ocupación Informal

En la actualidad existen en el distrito 150 asentamientos humanos de los cuales 45.8% son formales, 48.6% no cumplen normas de habilitaciones urbanas y 5.46 en trámite. La mayoría son de la denominación Asociación Pro Vivienda (APV).

El promedio de lotes por habilitación urbana es de 41 lotes variando según el área bruta del terreno.



Exceptuando el centro histórico de 69,25 ha. cuya delimitación entre las calles Romeritos, Retamales, Almudena y parte baja de la Av. Manco Capac la predominancia de las habilitaciones urbanas informales son el sector Nor Oeste del centro histórico, seguido de la zona de las ladrilleras intercalándose con habilitaciones formales con compromiso de las zonas arqueológicas de Lucerina y Conventomoqo<sup>15</sup>, estos últimos sobre los cerros del sector Sur oeste del distrito , en tercer lugar el sector Este sobre la zona Arqueológica de Pata Pata hasta el Sector Collana. y finalmente hacia el Sureste Kayrapampa.

Se observa que sobre el eje de articulación vial principal de Cusco con el distrito se has desarrollado las habilitaciones urbanas formales desde la APV Villa Miraflores hasta APROVITE, Aurora Ruiz Caro. Por otro lado se identifica otro núcleo formal de habilitaciones desde la prolongación de la Av. De la Cultura hasta la APV: Apu Machu Picol en la zona de mayor demanda y por consiguiente mayor precio inmobiliario por las prestaciones de servicios, cercanía a la Universidad Andina y al eje comercial de la Av. De la Cultura, como polo de atracción de gran potencial futuro.

Las habilitaciones informales se ubican en zonas de menor valor inmobiliario, cercanas al curso de los ríos Huatanay Huaccotomayo, etc., zonas periféricas de laderas medias o de inicio de estribaciones de los flancos norte y sur principalmente. Cuyos usos fueron anteriormente áreas de cultivo o de pastoreo de ganado o que en otros pertenecen a Comunidades campesinas, como es el caso de Pillao Matao, Chimpahuaylla, Collana.

---

<sup>15</sup> Ministerio de Cultura Cusco



Fotografía 7.6. Zona de límite urbano con habilitaciones informales en APV Pillao Matao



Fotografía 7.7. Sector Altiva canas<sup>16</sup> al Sur oeste del Distrito



Fotografía 7.8. Sector alto de Collana al Oeste con deficiencias en el acceso y con problemas de inestabilidad de suelos



Fotografía 7.9. Zona Noroeste límite de las habilitaciones formales.

Respecto a las tendencias de expansión urbana se observa la predominancia actual de expansión inicialmente a consolidado la conurbación hacia el distrito de San Sebastián y Cusco generado por el polo de atracción.

<sup>16</sup> El 03 de Enero del 2013 deslizamiento que afecto con 4 viviendas colapsadas y 6 inhabitables



Gráfico N° 7.5. Tendencias De Crecimiento Urbano  
Fuente: Elaboración propia

En segundo nivel de importancia se tiene el crecimiento a partir del área central del casco antiguo del distrito hacia el norte (Pitopujio, Larapa, Buena Vista Huayllapampa, y sur (Chimpahuaylla, Ocollo Pampa, Vallecito, La rinconada, Huayracpunco. En tercer nivel de importancia se tiene finalmente un crecimiento hacia el oeste a las zonas de Collana Chahuan Cuzco, Anden Anden, Lircaypata.

El crecimiento urbano a través de la ocupación formal e informal ha sido limitado por la existencia de los Sitios Arqueológicos (S.A.) Lucerinas y Conventomoqo al Sur del distrito, S.A. Larapa Z.A.M. Patapata, al norte del distrito, sin embargo existe ocupaciones en estas áreas considerándolas como zonas de tratamiento especial.

### 7.2.3 Uso de Suelo Actual

Según el diagnóstico del Plan Urbano de Cusco los usos de suelo en el distrito de San Jerónimo se caracteriza por tener el 56,31% del suelo de uso residencial localizado en el centro histórico y el eje de conurbación

hacia San Sebastián con ampliaciones hacia el norte hasta Larapa y al sur por la margen derecha del río Huatanay desde la AVP Lucerinas a ambos márgenes hasta Chimpahuaylla donde empieza a disminuir en densidad, seguido de residencial huerto inclusive en el centro histórico, uso mixto que representa un 20,56% que refleja el uso agro-urbano del distrito con mayor existencia en la parte intermedia y periférica, en tercer término se encuentran otros usos con 9,40% donde se encuentra el equipamiento penitenciario, entre otros, seguidos de educación, recreación, incipiente nivel de comercio excepto el eje de la Av. Manco Cápac, prolongación La Cultura hasta el mercado Vinocanchón (ver gráfico N° 8.6).

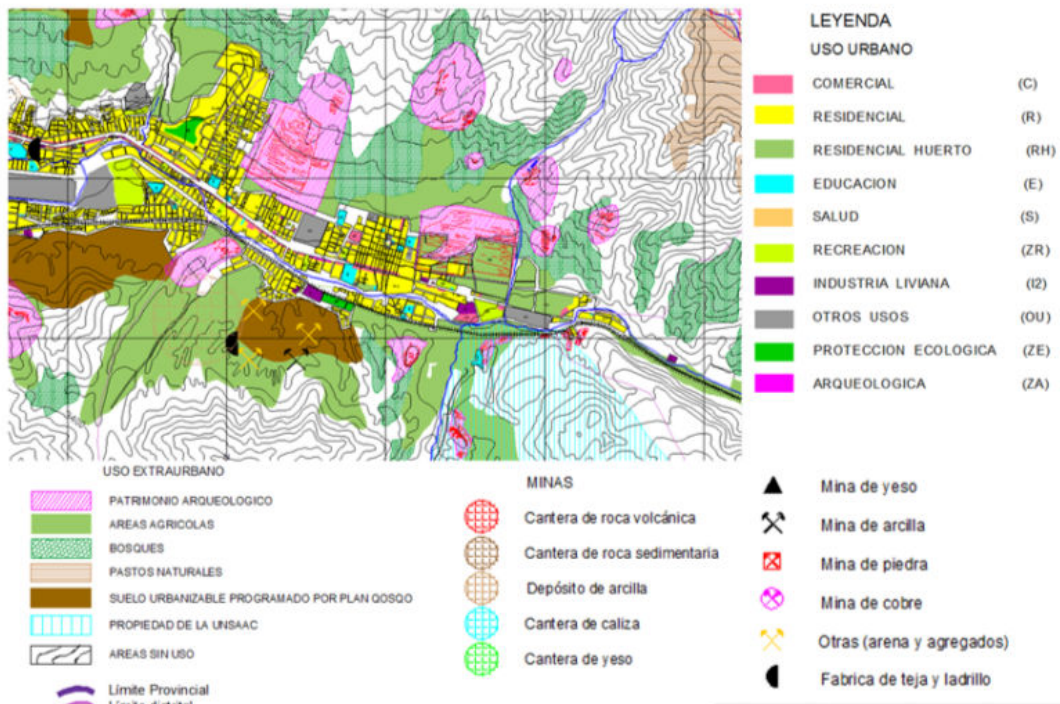
A nivel extra urbano existen usos de canteras de agregados en Pata Pata, Vallecito y en el dissipador 2, uso agrícola predominantemente en el norte fuera del borde urbano actual gran parte de los cuales están en zonas declaradas patrimonio. Asimismo el uso forestal se da mayormente en las laderas medias del Picol y en menor medida del Huanacaure hacia el Sur. Aun cuando el Índice de usos del Plan urbano vigente no considera el uso de fábrica de ladrillos, esta actividad se desarrolla de manera importante en el distrito más que en ningún otro a nivel de la provincia de Cusco por lo que debe considerarse como uso no urbano. Existiendo el conflicto de uso de suelo incompatible de vivienda e industria con extracción en la zona sur del distrito deba considerarse esta zona como Área de Tratamiento Especial, restringiendo nuevas edificaciones, por cuanto la extracción del material arcilloso, seguido de un proceso de combustión en la fabricación de ladrillos y posterior comercialización al por mayor es un riesgo para la población residente. Un caso reciente es el deslizamiento de la Asociación Provivienda Altiva Canas con un saldo de 70 personas damnificadas, 04 viviendas colapsadas y 05 viviendas inhabilitadas producto de la extracción de material, sobrecarga del talud resultante por las frecuentes precipitaciones<sup>17</sup> caso que volverá a repetirse por el alto nivel de susceptibilidad del área a estos fenómenos de remoción en masa.

---

<sup>17</sup> Cod. SINPAD 55741 INDECI

En este sentido la política de congelar el crecimiento urbano en estos sectores es fundamental, se recomienda no autorizar licencias de construcción de obra nueva, remodelaciones, ampliaciones ni habilitaciones urbanas. Esta zona en los próximos 20 años se recomienda deba pasar a ser un área de protección ambiental con uso mixto recreacional de nivel metropolitano. En la zona las edificaciones posteriores deberán cumplir las condiciones de la cimentación para tipo de suelos ML que son los predominantes en esta zona.

Gráfico N° 7.6. Plan De Usos De Suelo Propuesto Vigente Sección Distrito De San Jerónimo



Fuente: Plan Director 2006-2012

Se considera en el Plan Director, a nivel de representación el uso de cantera de arcilla y mina de arcilla, así como fábrica de teja y ladrillo rodeadas de áreas agrícolas y en las zonas de laderas medias áreas sin uso.



Cuadro N° 7.7. Uso Actual de Suelo Distrito de San Jerónimo y Cusco

USO	CUSCO (Ha)	%	SAN JER. (Ha)	%
ARQUEOLOGICA	2.20	0.38	0.00	0.00
COMERCIO	45.86	7.94	9.93	2.66
EDUCACION	54.97	9.52	14.94	4.00
INDUSTRIAL	10.44	1.81	8.18	2.19
OTROS_USOS	46.21	8.00	35.16	9.40
PROTECCION_ECOLOGICA	6.83	1.18	3.12	0.84
RECREACION	19.97	3.46	14.71	3.94
RESIDENCIAL	381.72	66.11	210.55	56.31
RESIDENCIAL_HUERTO	0.00	0.00	76.88	20.56
RESIDENCIAL_TALLER	0.06	0.01	0.32	0.09
SALUD	9.12	1.58	0.10	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>577.38</b>	<b>100.00</b>	<b>373.91</b>	<b>100.00</b>

\*No se considera las áreas arqueológicas  
Fuente: Plan Director 2006-2012

En el distrito de San Jerónimo, existen 15 sitios arqueológicos, entre las más cercanas que comprometen el crecimiento urbano de la ciudad están S.A. Larapa, ZAM Patapata, ambas suman 151.3 ha. de menor dimensión están Conventomoqo, Lucerina, Qencha hacia el sur del distrito, que deban considerarse en los usos de suelo como uso arqueológico, de investigación, en algunos casos Zonas de Tratamiento especial por la ocupación que presentan (ver Cuadro N° 7.8).

Cuadro N° 7.8. Declaración de Zonas y Sitios Arqueológicos San Jerónimo

IP	NOMBRE DEL MONUMENTO	PROVINC	DISTRITO	U.T.M.	ESTE	NORTE	ALTURA	REF. TITULOS	PUBL. EL PERU	FECHA DE EMI	ÁREA	UND.	PERIMETRO
					SISTEMA WGS 84								
VALLE DEL CUSCO													
ZONA IV													
50	S.A. Larapa	CUSCO	san jeronimo	19L	186306	8501824	3305	Dictamen N° 035			63.40	Ha.	3,621.39 m
51	S.A. Leticia	CUSCO	san jeronimo	19L	189484	8499626	3210	Avance 2008			7.32	Ha.	1,329.06 m
52	S.A. Lucerina	CUSCO	san jeronimo	19L	185096	8500949	3255	En trámite			4.733	Ha.	903.111 m
53	S.A. Qontaymocco capilla	CUSCO	san jeronimo	19L	190205	8499435	3249	R.D.N. N° 408/INC-2002	27/05/2002	13/05/2002	4.36	Ha.	907 m
54	Z.A. Patapata	CUSCO	san jeronimo	19L	188640	8501050	3297	R.D. N° 538/INC-C-2000		20/12/2000	87.90	Ha.	4,019.00 m
55	S.A. Raqaraqayniyoc	CUSCO	san jeronimo	19L	188494	8502404	3469	R.D.N. N° 407/INC-2002	27/05/2002	13/05/2002	14,954.29	m²	481.80 m
56	S.A. Chaqolo	CUSCO	san jeronimo	19L	189509	8501534	3365	R.D.N. N° 514/INC-2003	09/09/2003	24/07/2003	3.27	Ha.	711.30 m
57	S.A. Chimparacay	CUSCO	san jeronimo	19L	189090	8502671	3548	R.D.N. N° 1431/INC-2005	31/10/2005	20/10/2005	2.63	Ha.	689.02 m
58	S.A. Puacat Collaca	CUSCO	san jeronimo	19L	189792	8500635	3244	R.D. N° 060/INC-C-1997	27/05/2002	25/02/1997	5.76	Ha.	1,068.00 m
59	S.A. Kencha (Chimpahuayta)	CUSCO	san jeronimo	19L	188089	8499639	3255	En trámite			19,379	Ha.	1073.116 m
60	S.A. Sikinchari	CUSCO	san jeronimo	19L	190425	8499683	3229	En trámite			5.10	Ha.	1,028.20 m
61	S.A. Silina	CUSCO	san jeronimo	19L	190189	8499670	3211	En trámite			5.21	Ha.	915.01 m
62	S.A. Kallampata	CUSCO	san jeronimo	19L	190528	8500830	3404	En trámite			14.514	Ha.	1530.238 m
63	Z.A. Waqoto	CUSCO	san jeronimo	19L	192345	8503404	4132	En trámite			451.14	Ha.	8,500.55 m
64	S.A. Liray	CUSCO	san jeronimo	19L	189607	8501224	3337	En trámite					

Fuente: Ministerio de Cultura

#### **7.2.4 Equipamiento Urbano Expuesto a Peligros Geodinámicos**

El distrito de San Jerónimo cuenta con importantes equipamientos que no solo sirven al propio distrito sino que sirven a la ciudad al ser de nivel provincial como es el caso del penal de Quencoro, la Universidad Andina de Cusco, la Universidad San Antonio de Abad del Cusco, la Planta de Petro Perú, mercado Vino Canchón de nivel mayorista, otros equipamientos destacados son un mercado de nivel local, un puesto policial, el camal municipal, un área recreacional de nivel zonal, Ex planta lechera, el centro de convenciones, la Compañía de Bomberos Voluntarios del Perú.

Desde el punto de vista de los riesgos los equipamientos importantes respecto al nivel de peligro medio por inundación y flujos de detritos identificado en el presente estudio es el complejo deportivo Derrama Magisterial en la calle Romeritos al Oeste del centro histórico, , al igual que el Colegio de Ingenieros del Perú por posibles flujos provenientes del Pícol que bajarían por la Av. 01 y tangencialmente la planta de Petro Perú hacia el sur del distrito.

**A peligro alto y muy alto** la planta de tratamiento de aguas servidas de SEDA CUSCO por dos frentes, la del río Huacotomayo, el curso de agua que baja por la calle sin nombre al lado oriental de la Policía Forestal de la PNP y también por el río Huatanay; el Mercado Vinocanchon y el Estadio Municipal por el lado occidental debido al flujo que baja por la Avenida Retamales.

#### **7.2.5 Vialidad y Servicios Básicos Expuestos a Peligros Geodinámicos**

El eje articulador principal del distrito es la carretera Cusco Sicuani que interconecta el centro de la ciudad del Cusco con las áreas de crecimiento hacia el Este. A través de este eje se desarrolla el flujo de pasajeros y bienes desde los departamentos de Puno, Arequipa principalmente.

Este eje corresponde a la consolidación del Eje al Collao que refiere el Dr. Manuel Chávez Ballón como “el sexto y séptimo caminos del Inca que



iban al Collao desde Cusco y que a lo largo de estos se encontraban asentamientos humanos huacas y adoratorios”<sup>18</sup> (ver gráfico N° 7.7)



Gráfico N° 7.7. Plano del Sistema Vial Andino Qapaq Ñan  
 Fuente: Ministerio de Cultura Cusco

De este eje se estructura una red que interconecta Cusco con la provincia de Paruro que articula los centros poblados de Chimpahuaylla, Ccolparo, Pallpanccay, Suncco, Ushpabamba, Conchacalla.

Asimismo, transversalmente al eje principal se desarrolla la vía que conecta a la comunidad de Pillao Matao también hacia el Sur y a la comunidad de Huaccoto hacia el Norte.

Hacia el lado sur del distrito, hacia la margen derecha del río Huatanay, existe la línea férrea Cusco Puno que se constituye en un eje articulador ferroviario de nivel interdepartamental sin mayor implicancia positiva para el distrito, sino más bien origina nodos críticos.

<sup>18</sup> Adolfo Saloma Gonzales, Ciudad del Cuso a través del tiempo, Historia Natural del Valle del Cusco, SOPRONAC, 2005

Los nodos críticos por peligros son la Av. N° 1, en Larapa, por la posible afectación del flujo de detritos del cerro Pícol, Av. Retamales por donde baja el curso del río Puccacatta, Manco Cápac en cruce con el curso del río Unucñahun que atraviesa la Z.A.M. Patapata, así como el cruce del río Huacotomayo por donde se planifica cercanamente el desvío de la vía semi expresa; el cruce con el río Hatunhuayco por la calle de pequeña sección denominada Romeritos donde ha habido antecedentes de inundaciones y flujos rápidos que han obstaculizado la Av. Manco Capac; la Av. Manco Capac a la altura del puente con el río Huatanay por ser un nodo de estrecha sección y de alto tránsito, en curva y acceso al sector de El Carmen; El río Kayra con el cruce de la margen derecha de la vía de Evitamiento (ver gráfico N° 7.8)

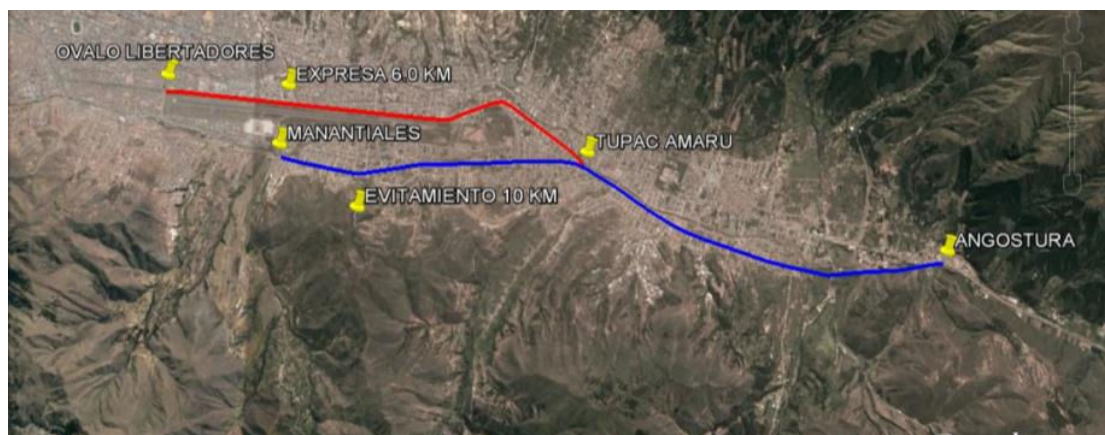


Gráfico N° 7.8. Cobertura De Agua Potable  
Fuente: PER PLAN COPESCO

En cuanto a los servicios básicos las más vulnerables son el sistema de Machu Pícol, y al sur de este el sistema de agua y desagüe de Seda Cusco que representa el 34% de la cobertura del distrito. En tercer lugar el sistema de la JASS San Jerónimo que representa el 42% del servicio a nivel de la ciudad (ver gráfico N° 7.9).

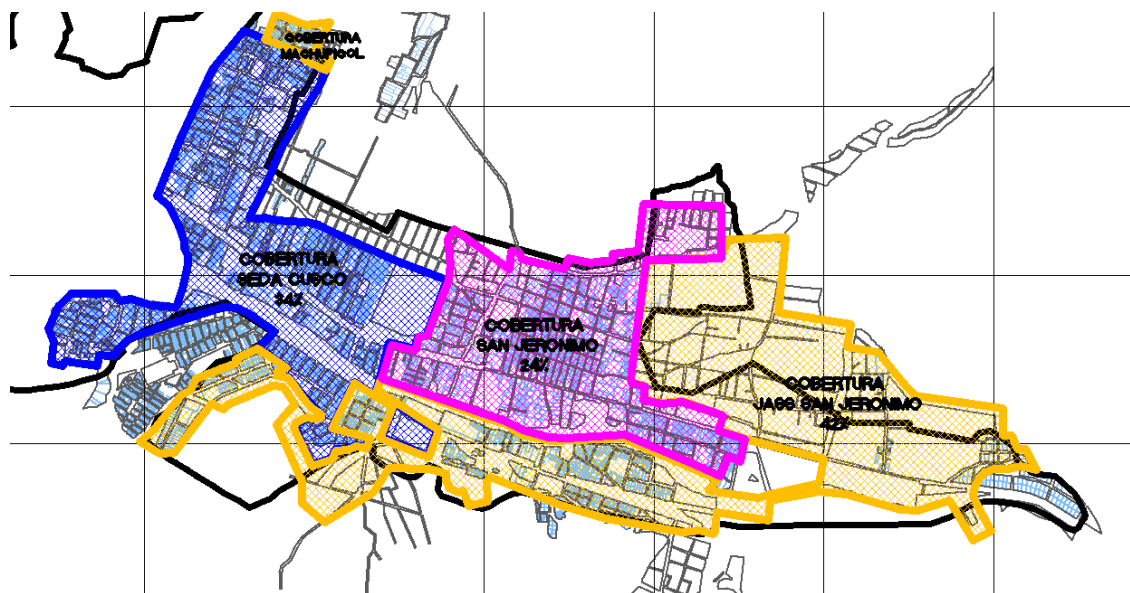


Gráfico N° 7.9. Cobertura de Agua Potable  
Fuente: Municipalidad distrital de San Jerónimo

### 7.2.6 Demanda de Suelo Urbano Proyectada al 2023

Los años 1993 y 2007 son tomados como base para el cálculo de la demanda de suelo urbano al 2023 una década desde el actual año de estudio. Así tenemos que, la tasa de crecimiento urbano de 5.69 a nivel distrital es la más alta registrada en su historia demográfica por lo que las proyecciones alcanzan igualmente cifras importantes de crecimiento, para el actual 2013 la población se calcula en 41,365 hab. Es decir 11,687 hab. más que en el 2007, para el 2018 se estima una población de 54,551 hab. Es decir 24,873 hab. Más que en el 2007. Finalmente se estima para el 2023 una población de 71,941 hab. 5.26 veces la población urbana de 1993 o 42,263 hab. más que en el 2007.

Cuadro N° 7.9. Población Proyectada Al 2023 Distrito De San Jerónimo

Población Urbana		Tasa de crecimiento	Población Urbana Proyectada 2007-2023 (hab.)		
1993	2007		2013	2018	2023
13,668	29,678	5.69	41,365	54,551	<b>71,941</b>

Fuente: elaboración propia en función de los censos de población y vivienda, inei

Cuadro N° 7.10. Calculo de Requerimiento de Espacio para Expansión Urbana Distrito de San Jerónimo

Indicador	Valor	Comentario
Población Proyectada al 2018	54,551	veces la pob. de 1993
Población 2007	29,678	Censo de población y vivienda INEI
Número de habitantes incrementados al 2018	24,873	Diferencia en 16 años
Número de unidades familiares incrementados al 2018	6,218	Considerando a 4 personas por familia
Área requerida por lote promedio	160 m <sup>2</sup>	Área promedio para tipo de vivienda unifamiliar o multifamiliar con frente mínimo de 8 m.
Área urbana neta requerida al 2018 (m <sup>2</sup> )	994,880 m <sup>2</sup>	
Área urbana neta requerida al 2018 (ha.)	99,4 ha.	
Área urbana bruta requerida de aportes	29,8 ha.	30% adicional al área neta
Área urbana total requerida al 2023 (ha)	129,22 ha.	Suma total
Área del borde urbano al 2013	988 ha.	Considerada por la Municipalidad

Fuente: Elaboración propia en función de información censal

Indicador	Valor	Comentario
Población Proyectada al 2023	71,941	5,26 veces la pob. de 1993
Población 2007	29,678	Censo de población y vivienda INEI
Número de habitantes incrementados al 2023	42,263	Diferencia en 16 años
Número de unidades familiares incrementados	10,566	Considerando a 4 personas por familia
Área requerida por lote promedio	160 m <sup>2</sup>	Área promedio para tipo de vivienda



		unifamiliar o multifamiliar con fente mínimo de 8 m.
Área urbana neta requerida al 2023 (m2)	1,584,900 m2	
Área urbana neta requerida al 2023 (ha.)	158 ha.	
Área urbana bruta requerida de aportes	47.4 ha.	30% adicional al área neta
Área urbana total requerida al 2023 (ha)	205.4 ha.	Suma total
Área del borde urbano al 2013	988 ha.	Considerada por la Municipalidad

La absorción de población se distribuye en las zonas actuales en proceso de consolidación y aquellas áreas que están consolidadas y que pueden absorber un crecimiento de entre uno y dos pisos al 2023, por lo que la demanda para este mismo año que alcanza las 205,4 ha. bruta se puede absorber en un 50 % en las zonas urbanas por consolidar siguientes considerando las orientaciones norte, sur y oeste:

Al Este: Asociación Paucaypata y alrededores del estadio Cajonahuaylla desde la calle Romeritos hasta antes del río Huacotomayo en un área aproximada de 35 ha, que puede incrementarse hasta 3 pisos.

Igualmente hacia el sur de la A. Manco Capac la APV Pampachacra con 17 ha. puede absorber un volumen poblacional importante.



Fotografía 7.10: Paucaypata, Pampachacra Cajonahuaylla

Fuente: CMAO

El otro 50% debe preverse en nuevas áreas en las que las condiciones de habitabilidad sean posibles considerando las orientaciones norte, sur. Las áreas son: 1) Larapa Norte, 2).Zona Norte Centro Histórico, 3). Buena vista, 4) Margen Izquierda rio Kayra, 5).Pillao Matao. Que en total suman 171 ha. de las cuales deben definirse proporcionalmente las 102.7 ha. como área de Expansión Urbana Inmediata, dejando el resto para otro horizonte definiéndolas como áreas de expansión urbana de reserva<sup>19</sup> (ver gráfico N° 7.10).

Cuadro N° 7.11. Propuesta de Áreas de Expansión Urbana San Jerónimo

N°	Área	Extensión	Orientación
1	Larapa Norte	9.7 ha	Norte
2	Zona Norte del Centro Histórico	69.4 ha	Norte
3	Buena Vista	41 ha.	Norte
4	Margen izquierda rio Kayra	39 ha.	Sur
5	Pillao Matao	11.9 ha.	Sur
	<b>TOTAL</b>	<b>171 ha.</b>	-



Fotografía 7.11: Zona Norte Del Centro Histórico  
Fuente: CMAO

<sup>19</sup> Según Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 2011



Foto 7.12: Margen Izquierda Rio Kayra (Vallecito)

Fuente: CMAO

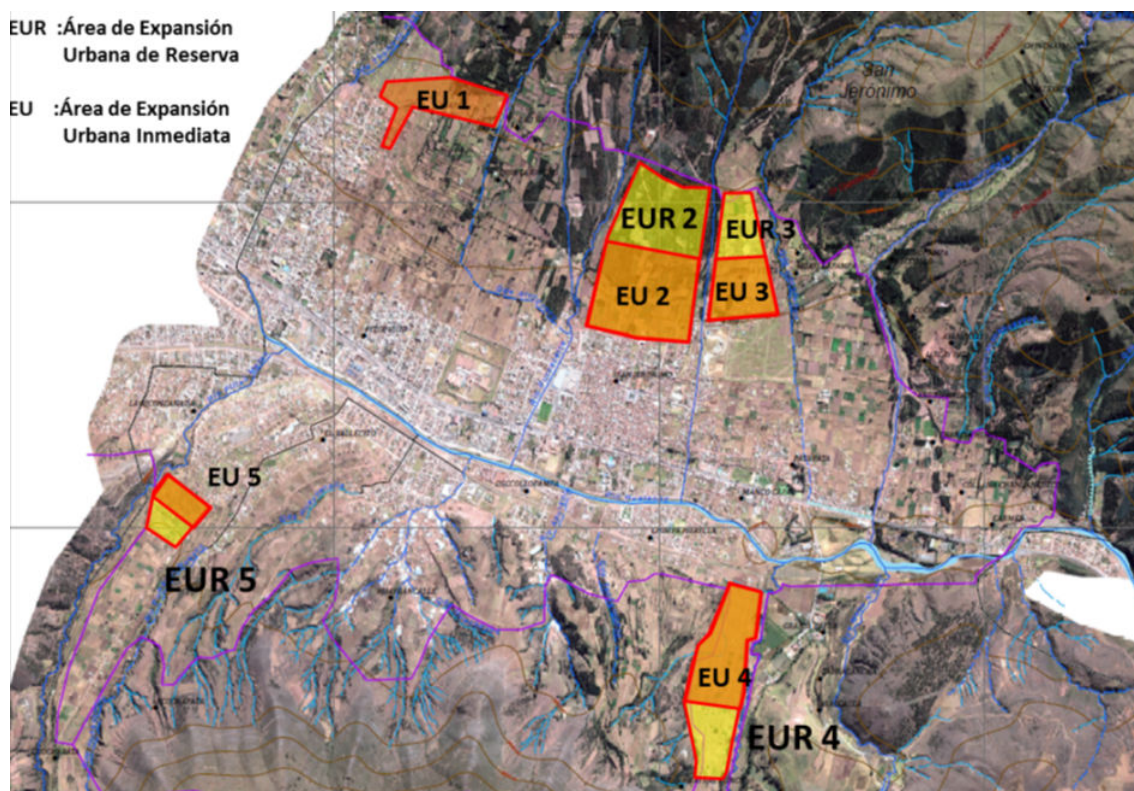


Gráfico N° 7.13. Propuesta de Expansión Urbana Distrito San Jerónimo

En el Cap X del Reglamento de Acondicionamiento Territorial (RAT) se dan las siguientes definiciones:



**Área de Expansión Urbana:** Está constituido por áreas destinadas para el crecimiento de la ciudad. Se sub-clasifica en:

1) **Área de Expansión Urbana Inmediata:** Constituido por el conjunto de áreas factibles a ser urbanizadas en el corto plazo, y ser anexadas al área urbana. Cuenta con factibilidad de servicios de agua, alcantarillado, electrificación, transporte y vías de comunicación y están calificadas como suelo urbanizable. Pueden estar contiguas o separadas del Área Urbana.

2) **Área de Expansión Urbana de Reserva:** Constituido por áreas con condiciones de ser urbanizadas en el mediano y largo plazo, delimitándose como áreas de reserva para el crecimiento urbano, pudiendo ubicarse contigua o separada del Área Urbana. Estas áreas deberán contar con factibilidad de servicios de agua, alcantarillado, electrificación y vías de comunicación para el transporte, seguridad y prevención de riesgos, para su respectivo horizonte temporal de ocupación.

Igualmente el R.A.T en el punto 32.2 establece que en las Áreas de Expansión Urbana de Reserva no se aplica la zonificación hasta que no sean clasificadas como Áreas de Expansión Urbana Inmediata.

Cuadro N° 7.12. Densidad Urbana Bruta Comparativa Distrito De San Jerónimo

Año	Hab.	% pob. Urb. provincial	Área urbana (ha.)	Densidad bruta (hab./ha.)	Ranking
1993 (censo)	13668	5.33	374	37	6/8
2005 (proyección)	18996	6.00	635.28	30	6/8
2007 (censo)	29,678	8.43	728	40	-
2013* proyección	41,365	10	988.25	42	-

Fuente: Elaboración propia en función a los censos de población INEI

\*Población estimada al 30 de junio, a partir de los censos de población del año 1993 y 2007

Para el año 2007 a nivel provincial la población urbana asciende a 351,780 hab. Siendo la población distrital de 29678 hab. que representa el 8.43%.

La demanda de vivienda se puede medir respecto a la cantidad de nuevos hogares, a nivel del departamento de cusco por ejemplo en el 2007 hubieron 3594 matrimonios registrados que representa el 0,4% a nivel nacional en sus tres modalidades: ordinaria, masiva y judicial

Cuadro N° 7.13. Tipo de Vivienda Provincia de Cusco Censo 2005

Distrito	Casa Independiente	Departamento en edificio	Vivienda en quinta	Casa Vecindad	Choza o cabaña	Viv. improvisada	No destinado	Otro
Cusco	15,439	1,258	1,288	10,314	0	36	27	26
Ccorca	795	0	0	0	158	0	0	0
Poroy	1,423	0	0	4	18	0	2	1
<b>San Jerónimo</b>	<b>7,080</b>	<b>136</b>	<b>316</b>	<b>138</b>	<b>13</b>	<b>62</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
San Sebastian	18,015	255	249	4,346	7	66	343	70
Santiago	7,829	530	394	8,613	36	20	41	14
Saylla	836	0	2	2	24	1	2	4
Wanchaq	9,428	2,219	317	2,827	0	31	11	17

Fuente: Censo de población y vivienda 2005 INEI

En el distrito de San Jerónimo, entre los años 2005 al 2007 (2 años) se nota un incremento de 389 casas independientes, 153 departamentos adicionales en edificios, 114 viviendas en quintas, 538 viviendas adicionales de casa vecindad, disminución de casa improvisadas de 60 a 14 lo que demuestra una dinámica inmobiliaria muy importante, después de los distritos de Cusco, Santiago, Wanchaq y San Sebastián.

Los resultados reflejan un aumento de matrimonios celebrados en forma ordinaria que demandan unidades de vivienda nuevas a nivel del distrito de San Jerónimo

Cuadro N° 7.14. Tipo De Vivienda Distrito De San Jerónimo Censo 2007

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Casa Independiente	7,469	83.52	83.52
Departamento en edificio	289	3.23	86.75
Vivienda en quinta	430	4.81	91.56
Vivienda en casa de vecindad	676	7.56	99.12
Choza o cabaña	41	0.46	99.58
Vivienda improvisada	14	0.16	99.73

Local no destinado para hab. humana	19	0.21	99.94
Otro tipo particular	4	0.04	99.99
Casa Pensión	1	0.01	100.00
<b>Total</b>	<b>8,943</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Por otro lado las mejoras en los servicios de salud y la alimentación provocan un menor nivel de mortandad en niños y mujeres lo que acelera el proceso de crecimiento poblacional. El acceso a los servicios de educación y mejores niveles educacionales hacen que la población mejore sus hábitos de higiene, mejor poder adquisitivo y en términos generales una mejor calidad de vida.

El tipo de vivienda en el distrito igualmente refleja esta dinámica económica, pues el 83,52% de la población cuenta con casa independiente.

### 7.2.7 Lineamientos de Política de Expansión Urbana

- a. La construcción de la Política de Expansión Urbana” con énfasis en la sustentabilidad representa una gran oportunidad para establecer compromisos políticos de largo plazo y promover la concertación de acciones destinadas a aprovechar los beneficios que el distrito y la ciudad del Cusco puedan ofrecer, resolviendo a la vez los desafíos de la equidad y la sustentabilidad ambiental.
- b. Para el logro en la definición e implementación de las políticas de desarrollo urbano y expansión se debe fortalecer el área de desarrollo urbano de la municipalidad distrital como principal gestor del desarrollo físico del distrito.
- c. El enfoque de planificación territorial a nivel distrital debe empatar con un enfoque multidisciplinario y de visión de conjunto de la ciudad del Cusco, por lo que los aportes de los estudios previos deben ser evaluados con indicadores interdistritales de tal manera de llegar a planteamientos de manera holística e integradora respecto a la problemática identificada en el diagnóstico dentro del proceso de

actualización de los instrumentos de planificación de la provincia de Cusco como son el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) Provincial y el Plan de Acondicionamiento Territorial.

- d. Promover los cambios de Zonificación a uso de menor intensidad, realizados por razones de riesgo no mitigable en las zonas de expansión urbana con factibilidad de servicios y niveles de seguridad aceptables no receptores de fenómenos de remoción en masa u otros.
- e. Considerar como parte de la política la Norma G.020 del Reglamento Nacional de edificaciones Principios Generales: “a) De la Seguridad de las Personas.- Crear espacios adecuados para el desarrollo de las actividades humanas, buscando garantizar la salud, la integridad y la vida de las personas que habitan una edificación o concurren a los espacios públicos; así mismo, establece las condiciones que deben cumplir las estructuras y las instalaciones con la finalidad de reducir el impacto sobre las edificaciones y la infraestructura urbana, de los desastres naturales o los provocados por las personas. Brindar a las personas involucradas en el proceso de ejecución de las edificaciones, condiciones de seguridad suficientes para garantizar su integridad física”.
- a. Las áreas de expansión urbana al 2023 se ha determinado en 102.7 ha. considerando la absorción de una cifra similar por las áreas urbanas existentes en proceso de consolidación y regularización de más de 350 ha. en el 2013, siempre y cuando cumplan con los requisitos y aprobación por parte de las instancias municipales.
- b. Las habilitaciones urbanas nuevas deben cumplir con condiciones de habitabilidad como son la factibilidad de servicios (agua para consumo humano, desagüe, electrificación, principalmente); la topografía y de riesgo aceptable de desastres, entre otras sin desmedro de áreas productivas de alto valor agrológico circundantes y en función a la zonificación asignada por la municipalidad con un irrestricto respeto a las condicionantes hidrológicas, climáticas y su variabilidad, suelos y sismicidad.

- c. Desde el punto de vista sísmico y geotécnico la zona sur es la de menores condiciones de edificación segura porque presentan por un lado aceleraciones mayores de entre 0.319 hasta 0.316 (%g) correspondiente a una escala de Mercali de VII; así también por el punto de vista geotécnico menores cargas admisibles de entre 1 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.55 Kg/cm<sup>2</sup> por lo que se plantea mayores áreas de expansión en la zona norte por tener mejores condiciones de comportamiento estructural (menores aceleraciones de entre 0.313 a 0.302 con potencial de daño moderado y mayores cargas admisibles promedio de entre 1.6 a 1.87 Kg/cm<sup>2</sup>).
- d. Deba hacerse un estudio para la definición de áreas de riesgo no mitigable a fin de incluirlas en los planes de reasentamiento involuntario estipulados por la Ley N° 29869 Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable que deban ser reubicadas en las áreas definidas de expansión urbana.
- e. Las áreas de expansión urbana en el distrito deben contar con posibilidad de articulación con el sistema vial de tal manera que se garantice a partir de los ejes ordenadores longitudinales como son la Av. Manco Cápac, la vía Circunvalatoria Norte y la vía de Evitamiento un acceso fluido con secciones adecuadas según la jerarquía vial establecida por el Plan Urbano Provincial. Cuando se trate de habilitaciones urbanas que se hayan desarrollado colindantes a áreas consolidadas que no estén formalmente habilitadas, deberá formularse un Planeamiento Integral en el que se demuestre su integración al sistema vial previsto para la zona.
- f. La apuesta de áreas de expansión urbana y densificación deben considerar las restricciones y limitaciones patrimoniales, sin embargo se deben buscar arreglos institucionales y procesos concertados para solucionar conflictos provocados por asentamientos existentes.
- g. Buscar un equilibrio de distribución de las áreas de expansión urbana en función a las tendencias actuales de ocupación en las zonas norte, sur y oeste de la ciudad, proponiendo la definición de áreas de

expansión urbana de reserva y áreas de expansión urbana inmediatas en estas zonas.

- h. En las Áreas de Expansión Urbana de Reserva no se aplica la zonificación hasta que no sean clasificadas como Áreas de Expansión Urbana Inmediata. En estas pueden ser habilitadas para huertas o granjas
- i. Promover la ocupación segura considerando la normativa nacional en materia de gestión del riesgo de desastres, los estudios base Mapa de Susceptibilidades por fenómenos de geodinámica externa del distrito de San Jerónimo y los principios de habitabilidad establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- j. Promover las habilitaciones urbanas en las áreas de expansión propuestas que puedan a su vez ser ejecutadas de manera progresiva como lo establece la norma nacional de edificaciones.
- k. En las áreas definidas el gobierno local en coordinación con el gobierno provincial deberá establecer la estructura vial de primer orden que garantice el funcionamiento del sistema vial y sobre el cual deban sujetarse los proyectos de habilitaciones urbanas.
- l. Incluir dentro del área urbana la propiedad de la Universidad a fin de que puedan plantear habilitaciones urbanas para usos especiales
- m. Conservar la tipología de lotes y de uso de vivienda huerto promoviendo que en las áreas de expansión urbana el tamaño de lote sea de 450 m<sup>2</sup> para tipo de vivienda unifamiliar o multifamiliar con coeficientes de edificación bajas.
- n. Promover la asignación de fondos para prevención de desastres en el gobierno municipal distrital, de acuerdo con sus posibilidades y/o límites presupuestados para estos fines, que posibiliten financiar acciones de prevención y mitigación de riesgos.





## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

El distrito de San Jerónimo se ubica entre las unidades geomorfológicas denominadas: Montañas del Pachatusan, Meseta de Huaccoto, Montañas del Cusco, Depresión del Cusco-Huacarpay y Serranías de Vilcaconga; el mayor porcentaje de sus pendientes están catalogadas de ligeramente inclinadas a moderadamente empinadas, siendo las empinadas y extremadamente empinadas las pendientes que se encuentran en menor porcentaje; entre el cauce y las márgenes del río Huatanay hacia las laderas empinadas, se ubican una serie de terrazas de origen fluvial y aluvial, conformando depósitos gravo-arenosos que sobreyacen los niveles lacustres de la formación San Sebastián, la gran mayoría de estas terrazas están ocupadas por viviendas; estratigráficamente comprende rocas sedimentarias (areniscas, lutitas, conglomerados, calizas, limolitas, lodolitas) y rocas volcánicas, las cuales se emplazan en las formaciones y/o grupos geológicos de: Cabanillas, Copacabana, Pachatusan, Huancané, Paucarbamba, Puquín, Quilque - Chilca, Kayra, Soncco, Rumilcolca, San Sebastián, además de Depósitos Cuaternarios.

En la zona de estudio y zonas aledañas, se ubican, un conjunto de fallas activas: Tambomachay, Cusco, Pachatusan, Qoricocha - Patabamba, Chinchero y Zurite; que ponen en evidencia la actividad tectónica de la zona (Hercínica y Andina), esta actividad tectónica ocasiona movimientos sísmicos, los cuales son un factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos de remoción en masa (deslizamientos, caídas, flujos, reptación, etc)

Los suelos, por su origen, son del tipo transportados coluvio aluviales, lacustres, fluvio - glacial. La mayoría de ellos, proceden de la erosión de areniscas, calizas, lutitas, entre otras. Los que se ubican al Norte son más gruesos (gravosos) que los de la parte Sur (limo-areno-arcillosos), tienen

un mejor comportamiento geomecánico porque sus clastos medios y gruesos están mejor trabados por ser angulosos de escaso transporte.

En consecuencia, los suelos que se encuentran al norte, es decir a la margen izquierda del río Huatanay dentro del área urbana o de posible expansión urbana son suelos que presentan mejores condiciones para la construcción.

Según los resultados de los ensayos de laboratorio, la clasificación de suelos nos indica que la margen izquierda del río Huatanay del territorio del Distrito San Jerónimo, tiene Suelos clasificados según SUCS como GM-GC (Grava areno – limo - arcillosa), GP (Grava – areno - arcillosa pobremente graduada), GM (Grava Limosa) con contenido de fragmentos de roca de tamaño variado y forma sub-angulosa a angulosa), suelos que corresponde a la clasificación de ML-CL( limo - arcilloso con arena), CL (Arcilla compacta con intercalaciones de limos arcillosos y arena). Mientras que la margen derecha del río Huatanay dentro del Distrito San Jerónimo, tienen suelos clasificados según SUCS como suelos que corresponden a la clasificación de ML-CL (Limo - arcilloso con arena), CL (Arcilla compacta con intercalaciones de limos arcillosos y arena), SP (Arena pobremente graduada con contenido de limos y arcillas), ML (limos – areno - arcillosos), SM (Arena limosa con poquita arcilla) y GM (Grava limosa de clastos redondeados con contenido de arena). En el cauce y orillas de los ríos, se encuentran materiales correspondientes a gravas graduadas (GW) con clastos redondeados.

Considerando lo abrupto del terreno del distrito, vemos que los efectos locales de un posible sismo en el distrito, debido a la interacción del campo de propagación de las ondas sísmicas y las irregularidades del terreno, podrían desencadenar la activación y desprendimiento de las zonas altamente inestables ya identificadas en el estudio geodinámico, ejemplo: Microcuencas Thuniyoc, Huacotomayo, etc.

Si relacionamos con la ocurrencia de un evento sísmico cuyo epicentro fuese próximo, se generaría un gran impacto, ya que las condiciones del suelo exacerbarían y amplificarían las ondas sísmicas generadas debido

a las características litológicas y geotécnicas descritas en los capítulos respectivos, especialmente los suelos aluviales con un grado de consolidación medio a bajo y depósitos de suelo de tipo arcilloso, saturados y de reciente deposición.

La ciudad del Cusco y gran parte de la región se encuentra en un nivel de aceleración sísmica que podría llegar a niveles de magnitud VI – VII grados en la escala de Mercalli, donde la percepción del evento sísmico podría llegar a calificarse como fuerte y muy fuerte.

Para el periodo de retorno de 100 años se alcanzan valores máximos de alrededor de 0.352 gals en el distrito de San Jerónimo.

Los sismos que se presentan en la zona de Cusco generalmente están asociados a procesos de contacto entre fallas geológicas activas, estos procesos ocurren en intervalos de profundidad superficial (0 -60 Km). La ubicación morfoestructural de la ciudad del Cusco, hace que esté ligada a una actividad tectónica muy dinámica y actual de riesgo sísmico alto. Los sismos históricos en la zona, indican que han ocurrido eventos muy altos y severos (cercaos a magnitud 7.0° en la escala de Richter e intensidades superiores a 8 en MM.)

La calidad de los suelos del Cusco son de regular a malos, debidos a su diversidad y la gran proporción de suelos lagunares y palustres, los que hacen que el comportamiento frente a los sismos afecte la resistencia de las estructuras, por lo que es necesario tomar muy en cuenta en las edificaciones las normas sismorresistentes.

En la fuente N° 1, se aprecia una combinación de eventos producto de actividades superficiales debido a un conjunto de fallas regionales y el comportamiento del proceso de deformación ruptura en las placas de Nazca debajo de la placa continental, esto sugiere que los sismos en la parte norte de la región que ya tiene influencia en la región selva, tienen un origen de subducción. La fuente N° 2, muestra diferentes componentes neotectonicos, en los que predomina el comportamiento del proceso de deformación en las placas de Nazca debajo de la placa continental, esto sugiere que los sismos en la parte norte de la región que ya tiene

influencia en la región oriental, podría tener origen de subducción, claro ejemplo de ello es la profundidad de los sismos en esta fuente sísmogénica. Las características sísmológicas de la fuente N° 3, muestran un claro componente estructural ya que las características de sismos superficiales, generados en los primeros 20 a 25 kilómetros de profundidad de la corteza, coinciden con las zonas más pobladas de la región donde se ubica el distrito de San Jerónimo, aquí es donde se ubica la falla geológicas de Tambomachay. Uno de los sismos más representativo es el ocurrido en el año 1950 en la ciudad de Cusco asociada a dicha falla. Las características sísmológicas de la fuente N° 4, muestran al igual que la fuente N° 3 las condiciones de peligro que expresan las condiciones sísmicas de todo el sur de la región Cusco, considerando el límite con las zonas de Arequipa y Apurímac, esto muestra la zona sísmicamente muy activa, las condiciones sísmicas, muestran las condiciones de alteración y conformación tectónica.

El peligro medio expresado en color amarillo, presenta suelos de tipo GW, condiciones de aceleración que van entre 0.32 - 0.34 g. muestra bajos niveles de filtración con condiciones de suelo medios, producto de material compacto, conglomerado, con capacidad de carga admisible de 1.7 y una cohesión de 0.32, valores de humedad bajos, pero se encuentra cerca a los focos sísmicos identificados, no presenta probabilidad de ocurrencia de licuefacción. El peligro alto expresado en color naranja concentra suelos de tipo GM, GM – GC, GP condiciones de aceleración que van entre 0.32 - 0.34 g. muestra niveles de filtración medios con condiciones de suelo malos producto de material alterado, poco consolidado, con capacidad de carga admisible de 1.2 – 1.7 y una cohesión promedio de 0.32, valores de humedad medios, estos suelos al igual que la anterior clasificación muestran proximidad a los focos sísmicos identificados, no presenta probabilidad baja de ocurrencia de licuefacción. El peligro muy alto expresado en color rojo, concentra suelos de tipo ML-CL, SM, SP, CL, con condiciones de aceleración que van entre 0.34 - 0.32 g. muestra niveles de filtración altos, con condiciones de suelo

malos producto de material alterado, poco consolidado, con capacidad de carga admisible de 1.0 – 1.2 y una cohesión promedio de 0.56, valores de humedad altos, estos suelos al igual que la anterior clasificación muestran proximidad a los focos sísmicos identificados, y por la presencia de agua existe alta probabilidad de ocurrencia de licuefacción de suelos.

En relación a la geodinámica externa, se cuenta con registros documentados desde el año 1972 relacionados a los MRM los cuales se concentran en el área urbana principalmente, si bien estos no fueron debidamente registrados sirven como referencia para identificar los peligros existentes en el área de estudio. De todos estos peligros el que más destaca es el de inundaciones asociadas principalmente al río Huatanay, seguido de incendios forestales en las comunidades campesinas y precipitaciones pluviales intensas en diferentes sectores del distrito. Históricamente las zonas de mayor concentración de peligros se dan de la siguiente forma: el sector próximo a La Rinconada donde se presenta la Formación San Sebastián presenta MRM por derrumbes; la microcuenca de Thuniyoc tiene reportes por deslizamientos e inundaciones mientras que el sector de Huacoto presenta Deslizamientos, derrumbes e incendios forestales. Se identificaron 6 tipos de MRM, 8 subtipos con un total de 168 MRM equivalente a 499.83 hectáreas. Los que más destacan son los flujos de detritos (73) seguidos por las caídas de rocas (39), caídas de suelos (19) y flujos de lodo (19).

Al hacer el análisis a nivel distrital se logró identificar las siguientes zonas críticas:

Microcuenca Thuniyoc Huayco: ubicada al Oeste en colindancia con el distrito de San Sebastián, en ella encontramos un Flujo de detritos FD-01 y un Deslizamiento compuesto de gran importancia ubicado en el Cerro Pícol, Presenta un nivel de peligros entre muy alto a medio. En época de lluvias el material suspendido en la parte alta de la microcuenca es transportado pendiente abajo hacia los “disipadores” 01 y 02 ubicados en las APVs Larapa Huaynapicol y Machupicol Orconpujio. De colmatarse el disipador 01 podrían afectar al Sector de Larapa en un primer escenario o

a Santa Maria como segundo escenario. Por otro lado, el Deslizamiento compuesto del cerro Pícol, está controlado por la falla Tambomachay, la cual la atraviesa de Noroeste a Sureste, triturando la roca. Este material es transportado pendiente abajo hacia los disipadores antes mencionados. Cabe resaltar el hecho de que este deslizamiento no es visible en ninguno de los mapas por estar ubicado políticamente dentro del distrito de San Sebastián, aunque existen pruebas de pertenecer al distrito de San Jerónimo.

Microcuenca Huacotomayo.- es una de las más importantes tanto por su tamaño como por tener la mayor concentración de MRM está ubicada al Noreste, limita con los distritos de Taray, San Salvador y Saylla, en ella destacan los siguientes MRM: Caída de rocas CR-07, Caída de suelos CS-02, CS-04, CS-09, Flujo de detritos FD-16, Deslizamiento rotacional DR-02 y Volcamiento de rocas VR-01 presenta un nivel de peligrosidad en promedio que va de muy alto a medio. En la parte alta de la cuenca se caracteriza por presentar abundantes Caídas de rocas principalmente en el cuerpo volcánico de Rumilcolca debido a la inadecuada extracción de las canteras de piedra laja por pobladores de la Comunidad Campesina de Huacoto, también existe gran cantidad de Caídas de suelos y un deslizamiento rotacional muy importante similar al ubicado en el cerro Pícol; en la parte media existen caídas de suelos y flujos de detritos el más importante de ellos el FD-16 que se inicia cerca al sector denominado de Bateachayoc, se caracteriza por transportar gran cantidad de sedimentos hasta el río Huatanay a través del río perenne Huacotomayo que aumenta su caudal considerablemente en época de lluvias, atravesando el área urbana del distrito. En la parte baja del distrito la pendiente baja a plana-ligeramente inclinada, en el sector de Checcollo el río cambia de dirección de NE-SO a NO-SE, esta zona es de alta peligrosidad debido a que el material transportado a través de flujos de lodo podrían ingresar al área agrícola y urbana del sector como lo hizo en el pasado

Cantera de Pata Pata.- Está ubicado al Este de la Plaza de Armas del distrito en el sector de Lircaypata y Anden Anden, se caracteriza por presentar flujos de detritos FD-29, FD-30, FD-31 y FD-32; tiene un nivel de peligrosidad promedio de muy alto a medio. Los flujos de detritos incrementan su peligrosidad por aspectos antrópicos principalmente por una inadecuada explotación del recurso suelo. En época de lluvias por el incremento de la escorrentía superficial se presentan flujos de detritos transportando hacia el área urbana pendiente abajo el material erosionado en la cantera existente en la parte alta.

APV Altiva Canas.- Se encuentra ubicada al Sur oeste de la Plaza de Armas del distrito entre las quebradas de Pillao Matao y Pumayoc Huayco este sector se caracteriza por presentar un MRM denominado propagación lateral caracterizada por el desplazamiento por deformación interna de materiales frágiles bajo un peso de una unidad competente, en este caso las viviendas. El nivel de peligro por MRM existente en esta zona es de Muy alto a alto. Existen indicios de derrumbes por información documentada, esto debido entre otras cosas al tipo de material suelto formado por limos arcillas y arenas pertenecientes a la Formación San Sebastián, a la sobresaturación del terreno por el incremento de las precipitaciones pluviales entre diciembre y marzo a la existencia de una carretera que desestabilizo el talud y a la existencia de viviendas en la parte alta del sector que incrementan el peso del terreno. Por otro lado el nivel de riesgo se intensifica debido a que la aceleración sísmica en la zona es de 0.316 Gals para una capacidad portante de 1.00 a 1.30 Kg/cm<sup>2</sup>.

NOMBRE	PELIGRO SÍSMICO GEOTÉCNICO	ACELERACIÓN SÍSMICA (GALS)	TIPO DE SUELOS	CAPACIDAD PORTANTE KG/CM <sup>2</sup>
APV. NUEVA ALIANZA	MUY ALTO	0.319	CL	1.50-2.00
APV. LOS JARDINES	MUY ALTO	0.316	CL	1.00-1.30
APPV. PP.JJ. HUAYLLURQUE	MUY ALTO	0.316	ML-CL	1.00-1.30
APV. ACROPOLIS	MUY ALTO	0.316	CL	1.50-2.00

Sector Ladrilleras.- Está ubicado al Sur oeste de la Plaza de Armas del distrito en el sector Huayrancalle a las faldas del Cerro Jatuncumo,



presentar flujos de lodo FL-01, FL-02, FL-03, FL-04, FL-05, FL-06, FL-07, FL-08, FL-09, FL-10, FL-11, caídas de suelos CS-13 y CS-14 así como propagaciones laterales EI-04, EL-05 Y EL-06; tiene un nivel de peligrosidad promedio de muy alto a alto. Se caracteriza por tener un drenaje detrítico con quebradas que erosionan el terreno de sur a norte, atravesando material fino: arenas, limos y arcillas de la formación San Sebastián formando cárcavas de hasta 30 metros de profundidad, estas quebradas son: Pumayoc Huayco, Huaynacalle, Tejas y ladrillos, Padrechayoc Huayco, Acoyoqhuayco, Apurante y Tankarpunco, la pendiente está en el rango de plana a empinada, la erosión es intensa en época de lluvias transportando el material hacia el río Huatanay. Entre los factores desencadenantes podemos mencionar a las precipitaciones pluviales, los movimientos sísmicos y también a la actividad antrópica, debido a la intensa extracción de material para la fabricación de tejas y ladrillos. La extracción del material contribuye a la erosión eólica y por ende también a la formación de cárcavas desestabilizando los taludes. La inadecuada disposición de los ladrillos deteriorados o malogrados durante su proceso de elaboración, son acumulados conjuntamente con los residuos sólidos domiciliarios generados, y dispuestos sin control, en zonas aledañas, alterando el entorno paisajístico. Los productores de ladrillos, extraen el agua del subsuelo y la acumulan en pozos temporales para el uso de sus actividades.

Del "Mapa de peligros por MRM se tiene que las zonas con niveles de peligro muy altos llegan solamente al 5.16% del territorio, los sectores con peligro alto tienen el 23.05%, mientras que las zonas con nivel medio y bajo alcanzan los 29.57% y 42.22%, respectivamente. Pese a que el territorio con niveles de peligro Muy Alto y Alto llegan al 28.31% siendo las zonas con peligro Muy Alto no muy significativas, al revisar el mapa de susceptibilidades vemos que estos porcentajes se incrementan significativamente, puesto que la sumatoria de las zonas con peligros Muy altos y Altos alcanzan el 48.12% con una zona con nivel de peligro Muy Alto de 20.33% es decir 4 veces más que la zona de peligro muy alto del

mapa de peligros, entonces concluimos que si bien la zona de peligro muy alto del mapa de peligros de San Jerónimo es menor, existe un área importante que a futuro podría sufrir MRM debido a la alta susceptibilidad del distrito.

En el Mapa de peligros las zonas comprendidas dentro del nivel de peligros bajo alcanzan un 42.22%, estas se caracterizan por presentar pendientes planas a ligeramente inclinadas a ambos márgenes del río Huatanay. En ella se encuentra la mayor concentración de la población Jeroniminiana, Sin embargo, las quebradas de Thuniyoc Huayco, Arcopunco, Lloqllapata, Puccacatta, Jatunhuayjo, Unucñahun, Huacotomayo, Asnocanchahuaycco, Llampahuayjo, Mayuc'uchi y Tambillo transportan material suelto desde las partes altas de la cuenca depositándolas en las partes bajas, este proceso podría darse en forma de flujo de detritos lo cual incrementa el nivel de peligro en la zona urbana. Por otro lado, las zonas ubicadas entre las quebradas de Pillao Matao y Kayra transportan en forma natural material areno limo arcilloso a manera de flujos de lodo, en especial la zona comprendida entre las quebradas de Tejas y Ladrillos y Apurante donde la erosión se intensifica debido a la explotación desmedida y desordenada para la fabricación de tejas y ladrillos. Los otros sectores con niveles de peligro bajo están ubicados al norte y sur del distrito colindantes a los distritos de San Salvador, Lucre y Oropesa.

## 8.2 RECOMENDACIONES

- Para cimentaciones en suelos de tipos: CL, ML y ML-CL. Se recomienda que las deben de tener zapatas cuadradas independientes y cimentación de viga armada, la profundidad de fundación debe ser entre  $-1.50 < D_f < -2.00\text{m}$ . Por debajo del nivel actual del terreno, se debiera realizar el mejoramiento del suelo por medio de falsa zapata de piedra grande 70% y concreto simple 30%, asimismo la profundidad de fundación de  $-2.00\text{m}$  por debajo del nivel actual del terreno previo mejoramiento de 0.50m. para edificaciones de hasta 5 plantas, se podrá aumentar con un previo estudio puntualizado de suelos.
- Para cimentaciones en suelos de tipos: GM - GC, GM, GP. Se recomienda zapatas cuadradas independientes y cimentación de viga armada, con profundidad de fundación entre  $-2.00 < D_f < -2.50\text{m}$ . Por debajo del nivel actual del terreno; se recomienda la profundidad de fundación de  $-2.00\text{ m}$ . por debajo del nivel actual, para construcciones de hasta 09 plantas o niveles, pudiendo aumentarlos previo estudio puntualizado de suelos.
- Respetar y mantener la faja marginal de las tributarios al rio Huatanay
- De acuerdo a las características de los suelos encontrados en el territorio del ámbito Distrital de San Jerónimo considerar las pautas técnicas para orientar el proceso de construcción de edificaciones.
- Desarrollo de estudios de microtrepidaciones para determinar de forma instrumental el periodo de vibración del suelo y con ello establecer a partir de la técnica de Nakamura los valores de desplazamiento de suelo en condiciones sísmicas.
- Implementar un proyecto de análisis de vulnerabilidad de estructuras para estimar el riesgo sísmico del distrito y con ello medir el verdadero impacto en las viviendas de la ciudad.
- Difundir y considerar estudios sísmicos en la región Cusco, considerando el nivel de peligro existente y las condiciones de riesgo en la región.
- Efectuar pruebas y ensayos al realizar construcciones dentro del distrito como se indica en el reglamento de construcción y en la Norma E050 de

mecánica de suelos, debido a que los valores de capacidad de carga admisible y los mapas son referenciales.

- Considerar las variaciones en el reglamento nacional en relación a la construcción en laderas y taludes, al considerar que la zona es sísmicamente muy activa.
- Capacitar a la población para el mejoramiento en las construcciones de adobe, de esta forma disminuir la vulnerabilidad física.
- En la Microcuenca de Thuniyoc se sugiere:

A corto plazo: Colocación de hitos y de avisos en los que se delimite las áreas seguras y las zonas prohibidas para la construcción de viviendas. Descolmatar los disipadores N° 1 y N° 2 de manera periódica, mínimamente antes de del inicio de la temporada de lluvias. El uso exclusivo de la carretera existente en el disipador N° 01 para la limpieza de este debiendo estar clausurada para otros fines debido al uso inadecuado que se le da como zona de desmonte de material de construcción. Implementación de un SAT, con equipos que den información en tiempo real en el que la Universidad Andina cobre un rol protagónico en su monitoreo, vigilancia y concientización de la población en coordinación directa con la Municipalidad de San Jerónimo

A mediano plazo: Realizar un tratamiento integral de la microcuenca previo estudio integral que tenga los siguientes componentes: Geológico, geofísico, geodinámico, hidrológico a una escala 1/5000 que alcancen un nivel de detalle de mapa de peligros tomando como base el presente estudio y unificando el sector faltante perteneciente al distrito de San Sebastián, dichos estudios deberán identificar las zonas de peligro así como las soluciones para disminuir el nivel de peligro controlando los MRM y minimizando los niveles de susceptibilidad, alternativas de solución a fin de disminuir el riesgo que pueda originarse producto de un evento extremo en especial tratando los disipadores 1 y 2; así mismo se deberá realizar forestaciones con plantas nativas, un adecuado tratamiento de las aguas de escorrentía,

la canalización del río con disipadores de energía y estabilización de taludes. Todo ello acompañado de una adecuada política de ordenamiento territorial haciendo cumplimiento a las disposiciones del ALA en cuanto a la faja marginal y a las disposiciones municipales en temas de planificación urbana. Se recomienda el adecuado manejo de las plantaciones de eucalipto ya que estos árboles “jóvenes” estabilizan de alguna manera la erosión de la zona sin embargo no se debe dejar que incrementen su tamaño, hay que controlar su crecimiento debido a que podrían caer debido a factores como la pendiente el tipo de suelo, la presencia de manantes y el peso del árbol, embalsando la microcuenca e intensificando el riesgo por aumento de peligro por represamiento del río y posterior flujo de detritos. Reubicación de las viviendas ubicadas dentro de las zonas declaradas con peligro muy alto y alto Campañas de capacitación y sensibilización a la población en su conjunto.

- En la microcuenca de Huacotomayo se sugiere:
  - El tratamiento integral de la microcuenca a partir de estudios geológico-geodinámicos e hidrológicos en el que estén contemplado la forestación con especies nativas, la canalización del río hasta el sector de Bateachayoc con disipadores de energía tomando especial consideración donde el río cambia su orientación en el sector de Checcollo así como el respeto a la faja marginal
  - Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras
  - Implementación de un SAT para los MRM más importantes
  - Fortalecimiento de capacidades de la población e instituciones públicas y privadas a partir De la nueva norma del SINAGERD
- En la cantera de Pata Pata se recomienda: Diseñar y establecer proyectos de forestación y reforestación con especies nativas y exóticas, en áreas con escasa o poca vegetación, así como en áreas de cultivo con riego y secano (sistemas agroforestales), etc. con el objetivo de minimizar los procesos erosivos, tanto naturales como

antrópicos. Así mismo la intervención inmediata de la cantera de Pata Pata para que la extracción de los materiales agregados se lleve a cabo previo un estudio de impacto ambiental y se desarrollen normativas para que su explotación sea racional, por otro lado la reubicación de las viviendas asentadas en las zonas con nivel de peligro muy alto y un tratamiento adecuado de las aguas de lluvia que bajan por las laderas

- Altiva Canas.- Reubicación de las viviendas ubicadas dentro del área de peligro muy alto y alto a partir de estudios geodinámicos - geológicos a detalle que contemplen estudio de suelos y geofísica. Paralizar cualquier intervención humana que pueda alterar el talud natural del sector
- En el sector Ladrilleras se sugiere que esta zona sea declarada como de tratamiento especial mientras se hacen los estudios respectivos para delimitarla de mejor manera, por otro lado se recomienda la mejora de la tecnología de los hornos; un adecuado uso del recurso agua cumpliendo la ley de aguas 29338 que establece en el Título IX que para el uso de aguas subterráneas es el estado a través del ALA quien autoriza su uso previo un estudio de impacto ambiental. Se sugiere:
  - Implementación y aplicación de normativa para la extracción de canteras previo estudio geológico-geotécnico y de Impacto ambiental a detalle
  - Estudios geológicos a detalle para determinar las zonas de relleno
  - Reubicación de las viviendas ubicadas en zonas de peligro muy alto y alto
  - Reubicación y concentración de los mineros a un área determinada a fin de generar un menor impacto entre las quebradas de Tejas y Ladrillos y Huachayoc
- Para las canteras de Huacoto se propone plantaciones de especies arbóreas y arbustivas nativas en los alrededores como medida de

mitigación a los lugares identificados como peligros inducidos por acción humana.

- Para la erosión y acarreo de sedimentos del río Huatanay se sugiere: hacer respetar la delimitación de la faja marginal, establecida por ALA; prohibir la disposición de desmonte y/ escombros a las riberas del río; establecer lugares de disposición de material excedente y de residuos de construcción, escombros y desmontes, desde la municipalidad distrital
- Colocar en las zonas urbanas y de expansión urbana que estén ubicadas dentro de los niveles de peligro Muy Alto y Alto, letreros de prohibición para construcción de viviendas o compra y venta de terrenos, como una medida de prevención, usar el mismo criterio en las fajas marginales cuando el ALA así lo determine definitivamente.
- Respetar y conservar la faja marginal del río Huatanay y sus tributarios, la cual debe ser intangible y libre de construcciones principalmente viviendas, aplicando la ley 29338 en la que se manifiesta que la faja marginal no define la propiedad tan solo el uso que se da al territorio.
- Saneamiento físico legal a todo nivel, partiendo por la delimitación distrital con San Sebastián y Saylla seguido de las comunidades campesinas, urbanizaciones y APVs del distrito
- Regular a partir de una normativa adecuada la adecuada disposición de los residuos sólidos así como de los desmontes de construcción a zonas seguras donde no presente ningún peligro
- Elaborar y poner en marcha planes de prevención que contemplen medidas de evacuación así como lugares seguros con sus respectivos simulacros
- Fortalecer la Gerencia de desarrollo urbano - rural de la municipalidad distrital como principal gestor del desarrollo físico del distrito.
- Promover los cambios de Zonificación a uso de menor intensidad, realizados por razones de riesgo no mitigable en las zonas de expansión urbana con factibilidad de servicios y niveles de seguridad aceptables no receptores de fenómenos de remoción en masa u otros.



- Considerar como parte de la política la Norma G.020 del Reglamento Nacional de edificaciones Principios Generales: “a) De la Seguridad de las Personas.- Crear espacios adecuados para el desarrollo de las actividades humanas, buscando garantizar la salud, la integridad y la vida de las personas que habitan una edificación o concurren a los espacios públicos; así mismo, establece las condiciones que deben cumplir las estructuras y las instalaciones con la finalidad de reducir el impacto sobre las edificaciones y la infraestructura urbana, de los desastres naturales o los provocados por las personas. Brindar a las personas involucradas en el proceso de ejecución de las edificaciones, condiciones de seguridad suficientes para garantizar su integridad física”.
- Considerar que las habilitaciones urbanas nuevas deben cumplir con condiciones de habitabilidad como son la factibilidad de servicios (agua para consumo humano, desagüe, electrificación, principalmente); la topografía y de riesgo aceptable de desastres, entre otras sin desmedro de áreas productivas de alto valor agrológico circundantes y en función a la zonificación asignada por la municipalidad con un irrestricto respeto a las condicionantes hidrológicas, climáticas y su variabilidad, suelos y sismicidad.
- Se sugiere que las mayores áreas de expansión urbana sean dadas hacia el norte de la actual por tener mejores condiciones de comportamiento estructural desde un punto de vista sísmico y geotécnico (menores aceleraciones de entre 0.313 a 0.302 con potencial de daño moderado y mayores caras admisibles promedio de entre 1.6 a 1.87 Kg/cm<sup>2</sup>), a diferencia del sur ya que sus aceleraciones son mayores, entre 0.319 hasta 0.316 (%g) correspondiente a una escala de Mercali de VII; así también por el punto de vista geotécnico menores cargas admisibles de entre 1 Kg/ cm<sup>2</sup> a 1.55 Kg/ cm<sup>2</sup> por lo que se plantea.
- Realizar un estudio para la definición de áreas de riesgo no mitigable a fin de incluirlas en los planes de reasentamiento involuntario

estipulados por la Ley N° 29869 Ley de reasentamiento poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable que deban ser reubicadas en las áreas definidas de expansión urbana.

- Promover la ocupación segura considerando la normativa nacional en materia de gestión del riesgo de desastres, los estudios base Mapa de Peligros por movimientos de remoción en masa del distrito de San Jerónimo y los principios de habitabilidad establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Conservar la tipología de lotes y de uso de vivienda huerto promoviendo que en las áreas de expansión urbana el tamaño de lote sea de 450 m<sup>2</sup> para tipo de vivienda unifamiliar o multifamiliar con coeficientes de edificación bajas en los sectores ubicados en zonas con niveles de peligro medio.
- Promover la asignación de fondos para prevención de desastres en el gobierno municipal distrital, de acuerdo con sus posibilidades y/o límites presupuestados para estos fines, que posibiliten financiar acciones de prevención y mitigación de riesgos.
- En función de todos los documentos, plantear una versión “amigable” con el fin de difundir a la población las conclusiones y recomendaciones de todos los estudios.