

**GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ
DIRECCIÓN ESPECIAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

Lic. Luis Revilla
Alcalde Municipal del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

Ing. Vladimir Toro
Director Especial de Gestión Integral de Riesgos

Ing. Jaime Tinini
Jefe Unidad Especial de Prevención de Riesgos

Ing. Oscar Sandoval C.
Coordinador Sistema de Alerta Temprana

©Autores:

Elaboración, estimación y ponderación de variables, Mapas de Vulnerabilidades, Mapas de Amenazas, Mapa de Riesgos:

Ing. Airthon Espejo R., Ing. Pavel Mareño., Ing. Ronald Porcel S., Lic. Marcial A. Marín I., Ing. Eddy G. Baldellón, Ing. Ramiro Velasco L, Ing. Pedro Zapana Q, Ing. John Mendez Q., Ing. Nilo Terán A., Ing. Nielsen Morillas V, .Ing. Edwing Lima C, Ing. Gonzalo Chacon, Tec. Alfonso Velasco B, Tec. Clara Calisaya, Tec. Benjamin Aruni., Tec. Jerzhiñia Bejaran.

Diseño del Modelo de Evaluación:
Ing. Ronald Porcel S

Revisor:
Ing. Oscar Sandoval Caceres.

Portada: **Ronald Porcel S**
Distribución Nacional e Internacional: Sistema de Alerta Temprana, Dirección Especial de Gestión Integral de Riesgos

MAPA DE RIESGOS DE LOS DISTRITOS URBANOS

DEL MUNICIPIO DE LA PAZ

MEMORIA EXPLICATIVA

Resumen

Dentro de una conceptualización moderna del Riesgo y bajo un enfoque holístico, en el que no solo se consideren criterios técnicos fríos, sino además sociales, económicos y ambientales se ha desarrollado un Modelo de Evaluación del Riesgo para el Municipio de La Paz.

La creación de este modelo contempló en una primera etapa la elaboración de dos productos base que son el **Mapa de Amenazas** y el **Mapa de Vulnerabilidad**; estos productos que tienen una amplia utilidad por si solos fueron la base para la determinación del producto final.

De manera general el Modelo diseñado estuvo fundamentado en las capacidades que nos dan los Sistemas de Información Geográfica, específicamente fue construido con una herramienta (Evaluación Espacial Multicriterio) que permite trabajar con un numero amplio de variables, las cuales pueden ser evaluadas de forma paralela para la resolución del problema planteado, que en nuestro caso correspondía a la espacialización de un Índice de Riesgo, este índice permitió reflejar la condición del conjunto de variables utilizadas para luego de un proceso de reagrupación mostrar de forma cualitativa un nivel de riesgo. Una evaluación conjunta de estos productos y la utilización de herramientas y técnicas modernas permitieron el análisis de datos para así descubrir estructuras espaciales, asociaciones y relaciones entre ellos, además de poder modelar fenómenos geográficos.

Antecedentes

En el año 1977, se contrató los servicios de las consultoras francesas BRGM y BCEOM para la elaboración del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de La Paz, como parte de este estudio las mencionadas consultoras elaboraron un documento denominado: “Riesgos naturales encontrados en la cuenca de La Paz y alrededores”.

En el año 1987 el Proyecto de Fortalecimiento Municipal (PFM), elaboró el primer mapa de riesgos de la ciudad; los estudios realizados presentan por primera vez datos estadísticos de los riesgos en la ciudad.

El Estudio de Constructibilidad y Plan de Desarrollo Urbano de 1978, junto al Reglamento de Uso de Suelo y Patrones de Asentamiento (USPA) correspondiente, fueron los primeros en incorporar medidas para controlar y ordenar la ocupación de las zonas de las laderas. En ellos se señala que toda pendiente mayor a 45 grados debe ser área de uso forestal, limitando por ende el uso residencial a una pequeña parte del territorio.

A este hecho se suma la división de la metrópoli (1989) en dos ciudades: La Paz y El Alto. Esta división político-administrativa no permitió dar continuidad a la planificación conjunta del espacio, cuyos primeros intentos se habían dado en las décadas de los años 40' y 50', pero en las que no se realizó una intensiva inversión.

En el año de 1999 El IIPLAM elaboró un documento denominado “Riesgos geológicos en el área urbana de La Paz”, realizado por el Ing. Rolando Pastén, el cual contiene un plano escala 1:25.000 en el cual se identifican las zonas de riesgo.

A raíz de la torrencial granizada caída el día 19 de febrero de 2002, y que causó grandes inundaciones, pérdida de infraestructura urbana y vidas humanas, el Gobierno Municipal de La Paz (GMLP) procedió a la creación del programa de Prevención de Riesgos, Atención de Emergencias y Reconstrucción del municipio. En base a recursos propios y un financiamiento del PNUD; esta institución encomendó la elaboración del primer mapa de Riesgos de la ciudad el cual fue denominado “Mapa de Riesgos Socioeconómico de la Ciudad de La Paz - 2004”.

1 INTRODUCCIÓN

En el proceso de crecimiento del Municipio de La Paz se han presentado diferentes tipos de desastres, sobre estos tipos de eventos, si bien se hicieron diferentes tipos de estudios para tratar de determinar su origen, causas y comportamiento pocos fueron los análisis del sistema afectado el cual está compuesto por la población y sus bienes.

La ciudad de La Paz está situada en parte, sobre una cadena de laderas, es así que en su proceso de crecimiento tuvo y tiene hoy en día que adaptarse a las características fisiográficas de la zona, mismas que hacen de su desarrollo un caso particular; elevadas pendientes, temperaturas muy variables y condiciones socioeconómicas diversas, son elementos que sumados al hecho de ser sede de Gobierno han inferido en su crecimiento espacial, social, económico y cultural.

De manera paralela a su crecimiento y desarrollo la posibilidad de que eventos adversos pueda afectar a la población también se tuvo que incrementar, producto de la interrelación de factores físicos con la actividad de la población año tras años se suceden eventos desastrosos de diferente magnitud.

El Crecimiento de la ciudad, especialmente en las laderas de La Paz no sólo significa un proceso de expansión, implica además un proceso de densificación de estos asentamientos; esto sumado a un incremento de estructuras fuera de norma, talleres y comercios, construidos sin el criterio técnico adecuado incrementa el Riesgo en estas áreas.

1.1 EL MUNICIPIO DE LA PAZ

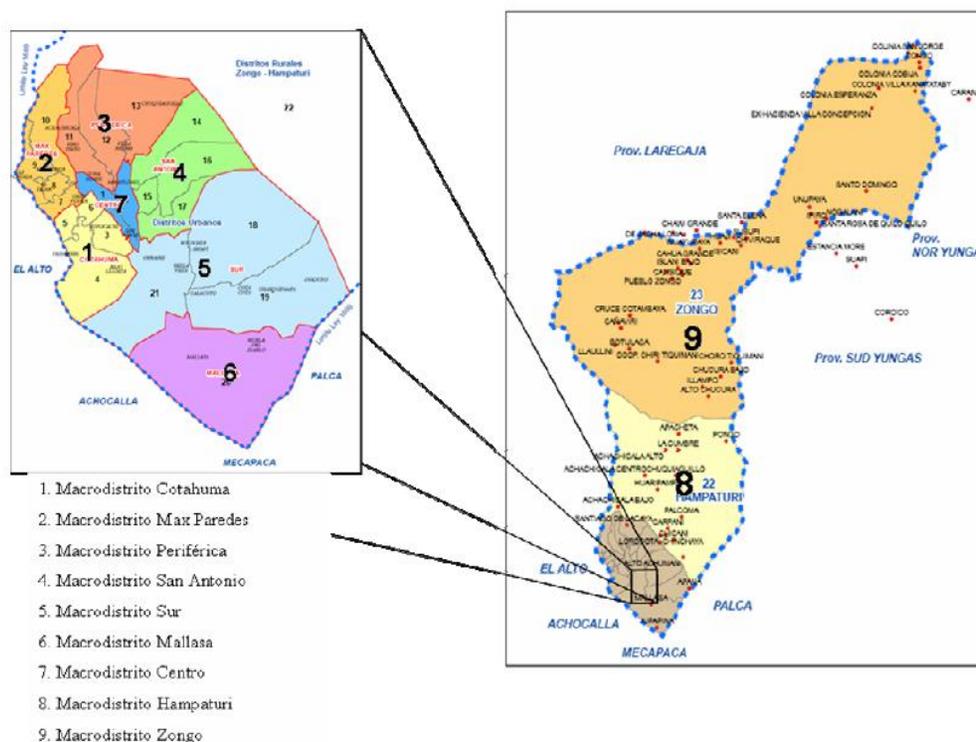
1.1.1 Localización

La ubicación geográfica mundial del municipio de La Paz es de 16° 29' latitud sur respecto a la línea del Ecuador y 68° 08' minutos longitud oeste, al extremo Norte de la Meseta Altiplánica en el valle que forma la cuenca del río Choqueyapu, a una altura promedio de 3.640 metros sobre el nivel del mar. Es la sección capital de la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, limita al Norte con el Municipio de Guanay, al Noreste con el Municipio de Caranavi, al Este con los Municipios de Coroico y Yanacachi, al Sureste con el Municipio de Palca, al Sur con los Municipios de Mecapaca y Achocalla, en tanto que al Suroeste limita con el Municipio de El Alto y al Oeste con el Municipio de Pucarani.

El área de estudio para el presente trabajo está delimitada por siete de los nueve

Macrodistritos existentes en el Municipio de La Paz los cuales son considerados como “urbanos” y están descritos en la siguiente ilustración:

Ilustración 1. División Política del Municipio de La Paz



Extraído de: Plan de Desarrollo Municipal, 2006

1.2 DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA URBANA

1.2.1 Clima

La conformación de la Cordillera Real que se localiza al Norte forma una barrera climática que en la estación de lluvias sirve de freno a las corrientes húmedas que provienen de la cuenca amazónica. El clima de la ciudad está, obviamente, condicionado por el clima del Municipio y como en éste, las precipitaciones en el área urbana son, en promedio, de 500 mm/año, también concentradas entre diciembre y marzo, marcando el clima húmedo de verano y el seco de invierno.

Los contrastes entre el día y la noche son muy fuertes con una diferencia anual promedio diaria de 14° y con temperaturas de 0° C en la noche en la época fría del año. La temperatura promedio es de 10.4° C y el gradiente térmico medio es de 0.64° C C/100

metros.

La humedad promedio es de 64.7% en la época de lluvias y 48% en la época seca de invierno. Los vientos en verano son de dirección Este a Oeste, en invierno predominan los de dirección Sudoeste a Este. El promedio de exposición solar es de 240 horas / mes en 200 días por año. **(Datos del documento de Revisión y Actualización del Plan Maestro de Drenaje para el Área Urbana de La Paz, Nippon Koei co, Ld, PCA, La Paz, 2006.)**

1.2.2 Topografía

El 35% de la mancha urbana está constituido por los terrenos de alta pendiente, que sobrepasan el 50% de inclinación del terreno, con problemas de inestabilidad potencial, *dificultades para la dotación de servicios básicos y consiguientemente altos costos de la urbanización*. Se ubican en las proximidades de la ceja de El Alto, Alto Chijini, Villa Nuevo Potosí, Tacagua, Andrés de Santa Cruz, más al sur las pendientes son accidentadas, como en el Valle del río Achumani, Aranjuez, Alpacoma, La Florida y Rió Abajo, en la actualidad están siendo incorporadas al tejido urbano.

El 28% constituyen los terrenos de pendiente media que van desde el 10% al 49%, ubicadas en zonas intermedias de unión entre las terrazas y las pendientes abruptas, se relacionan con los abanicos torrenciales actualmente urbanizados en Villa Fátima, Los Andes, Tembladerani, Sopocachi, también las planicies de Llojeta y Pampajasi.

El restante 37% de terrenos son las pendientes suaves de hasta 10%, se ubican en el centro de la cuenca, en las terrazas de las gravas Miraflores, en Achachicala al norte hasta Seguencoma al sur, en los valles de Chuquiaguillo e Irpavi, en fajas más o menos elevadas, en Obrajes a partir Irpavi y Achumani expuestas a inundaciones.

Las Quebradas son el resultado de la erosión hídrica, podemos distinguir entre quebradas aisladas más o menos profundas, alargadas según la línea de mayor pendiente, se ubican sobre las laderas de los valles de Achachicala-Kaluyo, Chuquiaguillo y Kallapa, encajonadas en las terrazas de las gravas de Miraflores como en Pampahasi, Llojeta, Achocalla-Mallasa entre otros. Las quebradas desarrolladas con ramificaciones hacia los lados y hacia arriba, toman un aspecto dendrítico como se observa en los valles de los ríos de Achachicala y Chuquiaguillo.

1.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

“La unificación de la terminología se hace importante al momento de coalicionar esfuerzos en la reducción de desastres” (Mora, 2007. CLAS, A.C.).

1.3.1 Amenaza

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (UNISDR, 2009).

1.3.2 Análisis de vulnerabilidad

Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso. (Lavell, A., et al. La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica). Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC, PNUD 2003).

1.3.3 Análisis Multicriterio

La evaluación multicriterio es un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones (Barredo, 1996).

1.3.4 Elemento en riesgo

Comprende a la Población, propiedades, actividades económicas, servicios públicos. (Van Westen - ITC, 2005)

1.3.5 Evaluación Espacial Multicriterio (SMCE) - Ilwis

Siguiendo el marco definido por Sharifi & Rodriguez (2002) vemos la planeación y el proceso de toma de decisiones como una actividad interactiva y recursiva, que va a través de etapas analizando el entendimiento de un problema o una oportunidad (inteligencia), encontrando o desarrollando soluciones alternativas (diseño de soluciones) para llegar a la solución óptima. La etapa de la inteligencia está destinada a construir un concepto o un modelo (cualitativo o cuantitativo) del proceso, donde primeramente describe este fenómeno tratando de entender la situación actual, conduce los objetivos que guían los pasos a seguir.

La SMCE es una herramienta del software ILWIS que puede ser categorizada como un método heurístico del modo más transparente. Su implementación ayuda a los usuarios a aplicar lo que es evaluación Multicriterio y su análisis espacial (CCI, 2001).

Las prioridades se establecen en la jerarquización de objetivos, diferenciando la importancia de los distintos criterios. Finalmente una función de agregación es aplicada, como una sumatoria de pesos, la cual agrega todos los puntajes estandarizados a un puntaje total para cada alternativa. Las diferencias de puntaje permiten jerarquizar las alternativas. Estableciendo así una jerarquía de objetivos y criterios, funciones de definición de valores, y la priorización de objetivos y criterios es altamente subjetiva.

(Boerboom - Sharifi, s.f.)

1.3.6 Normalización o Estandarización

Las puntuaciones en los atributos son normalizadas a efectos de eliminar problemas de cálculo originados en la utilización de diferentes escalas y/o unidades utilizadas en la matriz de decisión. La normalización no siempre es necesaria, pero si es esencial en la mayoría de los métodos compensatorios. El propósito de la normalización es el de obtener escalas comparables, lo que permitirá realizar comparaciones intra-atributos. En consecuencia, los puntajes normalizados no tienen unidades de dimensión y, para el caso de atributos de beneficios, cuanto mayor sea el puntaje normalizado, mayor es la preferencia del mismo. **(FLAMENT. 1999)**

1.3.7 Proceso Analítico Jerárquico

Desarrollado por **Thomas Saaty** en 1980, consiste esencialmente en formalizar nuestra comprensión intuitiva de problemas complejos utilizando una estructura jerárquica. El

propósito de AHP es permitir que el decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, dándole la forma de una jerarquía de atributos, la cual contendría mínimamente tres niveles: el propósito u objetivo global del problema, ubicado en la parte superior, los varios criterios que definen las alternativas en el medio, y las alternativas concurrentes en la parte inferior del diagrama. En la medida que los criterios sean muy abstractos, tal como bienestar humano, o capacidad, por ejemplo, pueden incluirse subcriterios más operativos en forma secuencial entre el nivel de los criterios y el de las alternativas, lo que da origen entonces a una jerarquía multinivel.

1.3.8 Riesgo

La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento adverso y sus consecuencias negativas (**UNISDR, 2009**).

1.3.9 Territorio Urbano

La unión de estos conceptos tiene varias definiciones, sin embargo tomando el concepto básico de Territorio que indica que es el “medio geográfico ocupado, apropiado y controlado por diferentes agentes y grupos sociales” (**Vargas, Galindo, 2004**) se entenderá Territorio Urbano como el medio en el cual se desarrolla un Sistema Urbano.

1.3.10 Vulnerabilidad

Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza (**UNISDR, 2009**).

1.3.11 Vulnerabilidad socioeconómica

Para propósitos socio-económicos más generales y análisis de macro nivel, la vulnerabilidad es un concepto definido menos estrictamente. Incorpora consideraciones del valor intrínseco de los elementos involucrados y su valor funcional al bienestar de la comunidad en general y la respuesta en la emergencia y la recuperación post desastre en particular. En muchos casos, es necesario (y suficiente) conformarse con una clasificación cualitativa en términos de “alta”, “media” y “baja” o explicitar declaraciones concernientes a la interrupción dispuesta a ser sufrida. (**Barrenechea, Gentile, Natenzon, 2002**)

1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL VALLE DE LA PAZ

1.4.1 Geología del Valle de La Paz

Con los antecedentes expuestos podemos resumir que la evolución Geológica del Valle de La Paz se inicia sobre una paleogeografía constituida por sedimentos paleozoicos y paleógenos plegados y fallados tal como las Formaciones Belén y Sica Sica asignadas al Devónico y la Formación Luribay asignada al Paleógeno, sobre esta paleogeografía rugosa y áspera, se han depositado facies de abanicos proximales y distales de la Formación Huacallani sintectónicas a la deformación de esta región, una serie de cuerpos ígneos de pequeñas dimensiones muy alterados constituyen los cuerpos subvolcánicos de la Muela del Diablo, estas dos últimas unidades corresponden al Neógeno, según Bles et al. (1978), estas litologías corresponden a las Formaciones del Zócalo del Valle de La Paz.

Un nuevo sollevamiento de la Cordillera provocara que la paleogeografía plegada rugosa y áspera sometida a erosión, cambie su régimen a una cuenca de relleno que inicia con sedimentos de facies distales fluviolacustres someras y facies proximales de abanicos aluviales que irán colmatando este valle, esta sedimentación Neógena ocurrirá durante el Plioceno inferior, donde la toba "Cota-Cota" ha dado una edad K/Ar de $5,5 \pm 0,1$ a $5,8 \pm 0,2$ Ma, y la toba Chijini dio 2.8 ± 0.1 Ma Lavenu et al. (1989), indicando una edad Plioceno Superior.

Sobre la toba Chijini, que es un estrato guía que aflora en casi todo el valle de La Paz, las facies de la Formación La Paz son continuas en las laderas de la Autopista, Cotahuma, San Simón, Pulpituni y Villa Salome, en otros sectores sobre la mencionada toba se hallan en discordancia erosiva los depósitos glaciales de la Formación Calvario, sobre esta última discordantemente ya sea directamente sobre la Formación La Paz o sobre la Formación Calvario se ha depositado las facies fluviales a lacustres de la Formación Purapurani.

Al tope de la Formación Purapurani en el sector del valle Kaluyo existe una toba $2,8 \pm 0,1$ Lavenu et al. (1989), que marca el límite superior y sobre esta se ha depositado los sedimentos glaciares de la Formación Kaluyo, más al sur en el sector del Cerro Condorini en el valle del río Orkojahuirá por el sector de Chuquiaguillo, esta toba marca el límite entre facies fluviales y fluvioglaciares, asignadas a las mismas Formaciones.

En las laderas de los valles de Kaluyo, Chuquiaguillo e Irpavi al norte de La Paz, los depósitos glaciares son espesos, y es en el sector de Patapatani en el extremo noroeste

del valle de La Paz que se han desarrollado las Morrenas de la Formación Milluni, ya sobre el Altiplano y en el sector de la Autopista próximo al Alto de Munaypata, afloran las facies de flujos de barro de esta Formación.

El relleno final de la cuenca del valle de la Paz lo constituyen las denominadas Gravas del Altiplano, que corresponden a facies fluvio-glaciares, intercaladas con facies de abanicos aluviales y en las facies distales desarrollan depósitos fluviales, que marcan la colmatación total del Valle de La Paz, en paisaje constituyen las terrazas más antiguas a nivel del altiplano en el Alto de Lima, Ceja, Ciudad satélite, Huaripampa y las altiplanicies del alto de Ovejuyo y Huaripampa.

Según Bles et al. (1978), estas litologías descritas desde la Formación La Paz, Calvario, Purapurani, Kaluyo, Milluni y Gravas del Altiplano, corresponden a la Formaciones del Altiplano.

La erosión retrograda del río Beni cortó la Cordillera Oriental y se dio la captura fluvial de una parte del drenaje endorreico del Altiplano, que dio origen al desarrollo del valle del río La Paz, ahora este punto se halla en la confluencia de los ríos Luribay y La Paz, siendo este el punto más bajo con 2000 msnm. La profundización del valle alcanzó los 2400 metros de desnivel en comparación con la Ceja del Altiplano en las alturas de Patapatani, asimismo la altura del cañadón de Aranjuez es de 3200 msnm, y el desnivel comparado con la altura de referencia anteriormente citada es de 1200 metros.

El desarrollo del Valle de La Paz según Bles et al. (1978), Considera Cuatro Épocas de Erosión, siendo la primera época de erosión caracterizada por los primeros indicios de procesos de remoción en masa manifestados como flujos de barro, generalmente gravosos tal como Jukumarini, Laikakhota, Pampahasi y Kayu este último registrado en el valle de Achocalla.

A la segunda etapa de erosión corresponden los depósitos desarrollados sobre los principales drenajes mayores del valle de La Paz que ya estaban individualizados para esa época, estos son los ríos Choqueyapu, Orkojahuira e Irvavi.

En este lapso de sedimentación las gravas de la terraza Villa Salome y sus remanentes aguas arriba, probablemente son correlacionables o representan las facies fluviales de la Glaciación Choqueyapu I, este evento glacial es reconocido por el desarrollo de valles glaciales en el valle de Kaluyo, Chuquiaguillo y Hampaturi, en este último aguas arriba del Jacha Khora, presenta morrenas terminales, mientras que en los otros valles se observan depósitos de morrenas laterales, valles facetados y valles colgantes.

En el valle de Kaluyo sector de Limanipata se presentan dos grandes deslizamientos que albergan lagunas, este deslizamiento embalsó la parte del río Kaluyo que dio origen a un lago temporal y sus sedimentos son asignados a los depósitos lacustres de Limanipata.

Esta época es importante ya que en este lapso de tiempo se produjo la Formación de los depósitos aluviales que dieron lugar a la terraza Miraflores de amplia distribución en la zona homónima, villas Copacabana, San Antonio, villa Armonía, Alto obrajes, Alto Seguencoma, zona central y Achachicala.

Una serie de morrenas laterales y de fondo se observan sobre las laderas del valle de Kaluyo, Achachicala e Irpavi corresponden a la glaciación Choqueyapu II.

Como consecuencia del retroceso de la glaciación se formó el torrente de barro de Peña Azul, estos depósitos masivos, heterogéneos se los observan en el valle del río Irpavi a unos 30 a 100 metros sobre el nivel de terraza actual.

Otros depósitos de terraza asignados a esta época son las terrazas de Alto Achumani, Huayllani y Kellumani.

Finaliza esta Segunda Época de Erosión con grandes flujos de barro en los sectores de Sopocachi, Chijini, Cementerio, Pura Pura, Villa San Antonio, Alto Obrajes, Bella Vista, Chinchaya-Ciudad del Niño y Cerro Aruntaya (Ciudadela Stronguista).

La Tercera Época de Erosión está caracterizada por grandes deslizamientos, y entre los más notables tenemos el de Achocalla, de Alpacoma, Llojeta, Tembladerani, Huancani (Cóncores Lakota), Ovejuyo, sincrónicamente se han desarrollado algunas terrazas como las del Barrio Gráfico, Obrajes, Kellumani y Bosque de Bolognia.

La Cuarta Época de Erosión se caracteriza por los flujos de barro reciente tal como el de Cota Cota, Ovejuyo, Apaña, y grandes deslizamientos tal como el de Villa Armonía, Santa Bárbara, Las Dalías, El Pedregal, Codavisa, Auquisamaña, Obispo Bosque, San Martín, Alpacoma, Lomas de Sur en Achumani y el más reciente que es un reactivamiento del deslizamiento de Pampahasi bajo Central y Callapa,

Existen además pequeños deslizamientos a nivel de predios y manzanos aledaños a todos los movimientos en masa citados.

También en esta etapa se consideran los abanicos aluviales, coluvios, terrazas recientes y lechos aluviales.

Al concluir este resumen iniciamos la descripción de cada una de las Unidades que conforman el valle de La Paz.

1.4.1.1 Formaciones Del Zócalo

Formación Belén

Las rocas que componen la Formación Belén (Fricke et al., 1964), están constituidas por litologías pelíticas oscuras con estratificación laminar y con nódulos de pirita autígena, muy cizalladas y falladas afloran en la Serranía de Aranjuez ya sea en relación de falla sobre las rocas paleógenas y neógenas y cubiertos discordantemente por diversos sedimentos del Plio-Pleistoceno y Holoceno. Estas rocas son asignadas al Devónico inferior por la fauna de fósiles que contiene principalmente trilobites tal como *Phacops orurensis*, pertenecen a la era Paleozoica sistema Devónico.

Formación Sica Sica

Rocas plegadas y falladas con rumbos de N45W y buzamientos de 55 al norte afloran en contactos pseudoconcordantes con las pelitas de la Formación Belén en la serranía de Aranjuez, de color gris verdoso con estratificación laminar gruesa constituye una alternancia de limolitas y areniscas finas, se hallan falladas y corridas sobre las rocas de la secuencia Paleógena que aflora en el sector, la potencia de estas rocas se incrementa hacia el sur este.

Estas rocas corresponden a la secuencia devónica de la cordillera oriental y el paso es transicional desde la Formación Belén (Koslowski, 1923), se han observado la presencia de algunos fósiles tal como *Tentaculites* y algunos braquiópodos, no se pudieron identificar los especímenes.



Ilustración 2. Formación Belén, cubierto en discordancia por sedimentos de la formación Huallaconi, en la Rinconada



Ilustración 3. Formación Sica Sica, sobrepuesta tectónicamente sobre sedimentos de la Formación Luribay, en el Gramadal.

Formación Luribay

Un gran hiatus erosivo separa el sistema Paleozoico del Sistema Cenozoico

Son típicos de la serranía de Aranjuez estratos sub verticales con un rumbo N45W, constituidos por conglomerados polimicticos conformados por clastos sedimentarios de areniscas y pelitas con contacto puntual de líticos en una matriz arenosa de color rojo violáceo a marrón naranja, estas capas alcanzan un espesor de hasta 4 metros, alternan con estratos de areniscas soldadas de grano fino a medio y limolitas friables, presentan muchas estrías de falla con desplazamiento horizontales tipo capa en capa, se hallan sobrepuestas por fallamiento por rocas paleozoicas, estas rocas son correlacionables con la Formación Coniri del Altiplano, en la garganta de Aranjuez, alcanzan unos 500 m de espesor, por relaciones estratigráficas y de correlación radiométrica son sedimentos del sistema Paleógeno.

Hasta la década del 80 del siglo pasado, se denominó como formación Aranjuez, estudios posteriores de geología regional, de correlación estratigráfica y paleontológica permitió correlacionarla con la formación Luribay que es más completa y tiene buenos límites estratigráficos con las formaciones Paleogenas inferiores y Neógenas superiores, por tal motivo en los Mapas geológicos 1:100000 publicados por el Servicio de Geología y Minería, SERGEOMIN, se denominaron a estas con el actual nombre vigente.

Formación Huacallani (Huacallaconi)

Sobre la serranía de Aranjuez y en zonas aledañas al Pedregal, Muela del Diablo, se han depositado sedimentos gruesos medianos y finos, correspondientes a abanicos aluviales y flujos de barro heterogéneos y masivos, que rellenan pequeñas cuencas aisladas de dirección noroeste a sureste, en su cuenca principal donde se halla la comunidad de Huacallani, se observa facies de abanicos aluviales que gradan a areniscas y limolitas, sedimentos sueltos de color rojo rosáceo a beige y gris ceniza. Estos sedimentos se han depositado en una cuenca transpresiva que se interpreta por las discordancias progresivas que sellan varias fallas inversas.

La Formación Huacallani descrita en la localidad homónima y redenominada en este trabajo, (Huallaconi de Bles et al., 1978; Huacallaconi de Geobol, 1960), alcanza espesores de unos 80 metros en sus partes distales. Es del sistema Cenozoico y pertenecen a la era Neógena.

Subvolcánico Muela Del Diablo

La actividad magmática durante el Neógeno se encuentra manifestada por el cuerpo subvolcánico de la muela del Diablo (GEOBOL, 1960), corresponde a una apófisis ígnea alterada, en los alrededores afloran otras pequeñas manifestaciones de igual composición, son rocas de grano fino, con textura porfirítica, cristales de horblenda totalmente oxidados y cristales de plagioclasas sericitizados con algo de carbonato, son asignadas al Neógeno debido a que afectan a rocas paleozoicas, cenozoicas y se atribuye a una actividad ígnea durante el Mioceno Superior, dado el marco geodinámico y su relación con la placa en subducción estas rocas corresponden a andesitas shoshoníticas por su alto contenido de Ti mayor al 1 %.



Ilustración 4. Formación Luribay, sobrepuesta tectónicamente por sedimentos de la Formación Belén, en la serranía de Vilaque.



Ilustración 5. Formación Luribay, toma próxima a la Muela del Diablo facies fluviales en areniscas y conglomerados, con fallas inversas.



Ilustración 6. Formación Huacallani, facies de abanicos aluviales, capas inclinadas hacia el sudeste, ingreso a la población de Huacallani.



Ilustración 7. Subvolcánico Muela del Diablo, extruyendo a través de sedimentos paleozoicos y neógenos, en el sitio homónimo.

FORMACIONES DEL ALTIPLANO

Formación La Paz

El relleno del valle de La Paz inicia con el desarrollo de una amplia cuenca fluvioacustre, con el desarrollo de facies finas en su depocentro con variaciones laterales en su régimen sedimentario, la secuencia más completa y espesa se la puede ubicar en el valle de Tejada Alpacoma con más de 500 metros de secuencia sedimentaria, que en su base desarrolla un conglomerado netamente fluvial constituida por líticos ígneos de granitos de hasta 1 m de diámetro, que se hallan en discordancia angular sobre rocas del Devónico Sica Sica, en otros sectores se observa que se hallan en discordancia angular sobre la antigua paleogeografía y sobre distintas rocas plegadas de diferentes sistemas.

Los sedimentos de la formación La Paz esta constituidos por capas de limos y arcillas con presencia esporádica de yesos, arenas y gravas fluviales, niveles de lignitos, turbas y paleosuelos, desde la base al tope alternan varios niveles de tobas.

En los sectores intermedios de la cuenca de sedimentación se presentan capas de gravas y arenas rojizas, cerca de su base en Cota Cota la toba homónima interestratificada en capas de la Formación La Paz (Gregory, 1913), ha dado una edad K/Ar de $5,5 \pm 0,1$ a $5,8 \pm 0,2$ Ma y en el sector del rio Minasa la toba Chijini dio una edad K/Ar de 2.8 ± 0.1 Ma Lavenu et al. (1989).

Hacia el sector de Ovejuyo, Huayllani, Chinchaya y Chicani, las gravas de la Formación

La Paz se interdigitan con las capas fluviolacustres finas, más hacia la fuente de aporte las facies proximales gravosas se hacen más espesas constituyen los sedimentos predominantes en detrimento total de las capas finas.

Es característico que en esta secuencia el desarrollo de discordancias progresivas, estableciendo que la cuenca durante esta época era muy subsidente, debido a una deformación sinsedimentaria.

El ambiente de sedimentación corresponde a un lago somero con aluviones de ríos que alcanzan el depocentro con algunas islas de gramíneas y alta evaporación con precipitación de yesos y desarrollo de turbas y grietas de desecación.

La toba Chijini se acuña al Noreste y desaparece en Villa Salome mientras que al sur es visible en el valle de Ayma y en las cercanías del ingreso a Sapahaqui en la ceja del altiplano. Esta es una toba de caída probablemente relacionada con una gran erupción ubicada al occidente de la cuenca.

Formación Calvario

La Formación glacial Calvario (Dobrovlny, 1962), corresponde a un till de color gris ceniza en la base y amarillento - rosáceo al tope. Es una mezcla heterogénea de clastos y bloques que pueden medir hasta un metro de diámetro de granitos angulares y limolitas azules. La matriz está constituida por limos arcillosos y arenas.

Según Bles et. al., 1977, La parte superior de este till presenta pasajes a gravas fluviales o fluvioglaciares de algunos metros de espesor.

En el valle de La Paz sus afloramientos están en el sector de Alto Tejar por la avenida Segundo Vascones, en Munaypata, Quebrada Pantisirca, de este sitio es continuo hasta la quebrada Capellani, Matadero, Guitarrani y Minasa, desapareciendo hacia el sur y este del valle de La Paz.



Ilustración 8. Capas subhorizontales de facies fluviolacustres de la Formación la Paz, zona de Ovejuyo sector Huancané.



Ilustración 9. Depósitos del primer evento glacial Calvario, zona Alto Tejar, quebrada Coa Coa.

Formación Purapurani.

Discordantemente sobre distintos niveles de la Formación La Paz y la Formación Calvario facies de sedimentos fluviales se desarrollan, es característico en la localidad tipo zona de Pura Pura, estos sedimentos presentan clastos de granito bien redondeados, en ese sitio es discordante sobre las formaciones La Paz y Calvario formando canales, más al sur en la ladera oeste hacia el tope presenta gravas alternadas con niveles finos limoarcillosos a arenosos.

En la ladera este son gravas gruesas con clastos subangulares, constituidos principalmente por líticos sedimentarios con poco granito, en la quebrada Peske Punku en la zona de Chuquiaguillo, aflora una toba de hasta unos 6 metros de espesor.

Hacia el tope presenta un nivel de alteración bien visible en la quebrada Utapulpera, que según Ballivian et. al, corresponde al desarrollo del nivel de erosión N° 3 que explica la desaparición de la Formación Purapurani hacia el Norte del valle de La Paz.

A su tope se halla la toba Kaluyo descrita por Ahlfeld 1958, que según Lavenu 1989, dio una edad K/Ar de $2,8 \pm 0.1$ Ma., esta situación permite aseverar que el episodio glacial Calvario y el Fluvial Purapurani se han depositado en un lapso de tiempo muy corto probablemente en unas centenas de miles de años.

A su tope en el valle de Kairani de la cuenca del río Irpavi, presenta un depósito lacustre con el desarrollo de un importante paleosuelo y en la quebrada Ventanani en la cuenca Orkojahuirra (en Chuquiaguillo) un pequeño afloramiento de la toba Kaluyo.

La Formación Purapurani (Dobrovlny, 1962), en su mayor espesor alcanza unos 80 m.

Formación Kaluyo

Sobre la Toba Kaluyo en el valle homónimo se han depositado sedimentos glaciales, con bloques de granitos, limolitas, areniscas, es típico observar en las laderas de los valles desarrollados sobre estos sedimentos en los ríos Choqueyapu, Orkojahuirra e Irpavi sobre la cota 4100 msnm, la presencia de grandes bloques de granito de más de 1 m de diámetro, estas son características de esta glaciación.

Hacia el sur existe un cambio de facies que según Servant et al 1989, se interpreta como las facies fluvioglaciales de este evento, se caracterizan flujos de gravas masivas sin textura ni estructuras sedimentarias con líticos principalmente subredondeados.

En la ladera oeste altura del peaje de la autopista, se observa el nivel 4 de erosión de Servant et al 1989, que pone en contacto erosión a las gravas del altiplano sobre la Formación Kaluyo (Servant, 1977), que en este sector son gravas fluvioglaciares.

En el valle de Kaluyo se observa este nivel de erosión donde sobrepone a la Glaciación Milluni (Dobrovolsky, 1962) sobre la glaciación Kaluyo.



Ilustración 10. Depósitos aluviales gravosos de la Formación Purapurani, zona oeste, curva de la autopista cerca del alto de Munaypata.



Ilustración 11. Afloramiento de la Toba Kaluyo en el valle homónimo, encima de ella depósitos glaciales de la glaciación Kaluyo.

Formación Milluni

Sobre el altiplano boliviano entre las cotas de 4100 a 4200 se han desarrollado espesos y extensos depósitos glaciares que corresponden a la glaciación Milluni (Dobrovolny, 1962), es característico de estos sedimentos el campo de morrenas desarrollado desde el Alto de Lima a la Mina homónima, con alturas de hasta 150 metros, es típico de estos depósitos de la tercera glaciación la presencia de grandes cantos erráticos de hasta 3 metros de diámetro sobre las laderas de estas morrenas, hacia el sur estas cambian a depósitos fluvioglaciares y aluviales que constituyen las Gravas del Altiplano.

Gravas del Altiplano

Sobre el nivel 4 de erosión a la altura del peaje de la autopista la Paz - El Alto, se observa un horizonte de color gris que separa a los sedimentos de flujos de barro de la Formación Kaluyo de las denominadas Gravas del Altiplano (Bles et al., 1977).,

Estos depósitos proximales son fluvioglaciares, los depósitos intermedios gradan a flujos de barro y los distales corresponden a depósitos aluviales, asimismo son discordantes sobre distintos depósitos, a la altura del peaje están sobre los depósitos de flujos de barro de la Formación Kaluyo, en la antenas de ciudad Satélite se han depositado sobre la Formación Purapurani y más al sur sobre el valle de Achocalla descansan directamente sobre la Formación la Paz, en su espesor máximo alcanzan los 20 metros en las cabeceras de Llojeta. Son gravas mal seleccionadas con clastos predominantemente sedimentarios de areniscas con contacto puntual entre clastos en una matriz arenolimosas. Todas estas formaciones desde la Formación La Paz hasta las Gravas del Altiplano, constituyen el relleno del altiplano y a la vez constituyen la terraza más antigua del valle de La Paz. En los siguientes acápite describiremos las unidades litológicas producto de la conformación del valle de La Paz según varios niveles de erosión identificados.

1.4.1.2 Depósitos Y Deslizamientos De Las Cuencas

PRIMERA ÉPOCA DE EROSIÓN

Flujos de Barro Tipo Pampahasi

Según Bles et al., 1977, debido a la erosión retrocedente del río Beni que corta la Cordillera Oriental, como actualmente se observa a la altura de la confluencia de los ríos Luribay y La Paz, este evento desgarró al Altiplano y se produce el desarrollo de la cuenca de La Paz, este proceso fue desarrollando paisajes inestables y producto de la búsqueda de su equilibrio se produjeron grandes deslizamientos que los reconocemos en las laderas que conforman el Valle de La Paz.

Los depósitos asociados a los primeros flujos de barro son principalmente gravosos, con improntas de texturas y fabricas fluviales y lacustres deformadas, indicando que han sido transportadas por flujos turbulentos, engloban también a veces grandes bloques de ceniza volcánica de la cinerita Chijini, estos deslizamientos han removilizado sedimentos de la Formación La Paz, Formación Milluni y Gravas del Altiplano. En la literatura geológica escrita para el valle de La Paz estos deslizamientos son conocidos como Kayu, Jukumarini, Laikakhota y Pampahasi.

El flujo de barro de Jukumarini está en discordancia sobre las formaciones La Paz y Purapurani, sus escarpes se los sitúan en la ladera oeste, y se hallan mejor expuestos en la zona homónima, se extienden al sur hasta las serranías que separan Llojeta de Alpacoma. Ha removilizado a las formaciones Purapurani, Kaluyo gravosa, Gravas del Altiplano y partes de la Formación La Paz el máximo espesor es de unos 50 metros medido sobre la avenida Buenos Aires sector del río Melchuco, su color es marrón claro.

El flujo de barro de Laikakhota está expuesto desde el sector de la Caja de agua próximo al cementerio de la Llamita y discurre hacia el sur por Villa Pabón y el cerro Killi Killi, continuando en el cerro Laikakhota, ha removilizado sedimentos de las formaciones La Paz, Chijini, Calvario y Purapurani. El color es beige a gris claro.



Ilustración 12. Afloramiento de las gravas fluvio-glaciales de Kaluyo a la altura del peaje de la Autopista, la capa gris es el tope y constituye el nivel de erosión 4. Las gravas encima de este nivel son las gravas del Altiplano.

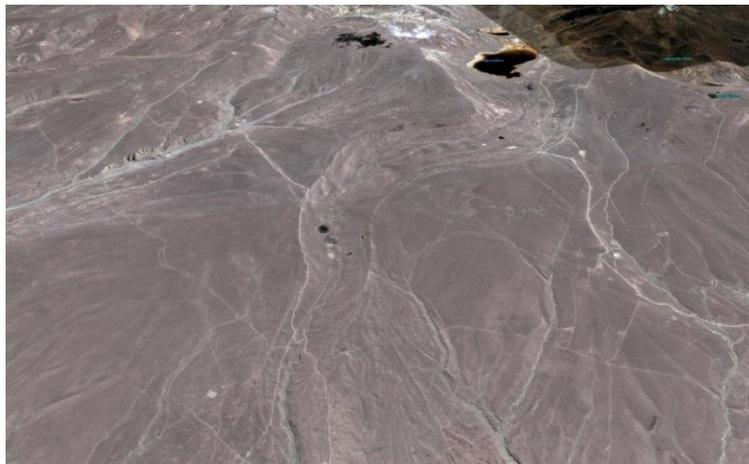


Ilustración 13. Vista de Google earth, de las morrenas de la Glaciación Milluni, en primer plano la Morrena de Milluni con su valle glacial al medio y sus lagunas en rosario.



Ilustración 14. Vista de la ceja del Alto en Rosaspampa, el contacto discordante de las gravas del Altiplano sobre la Formación La Paz.

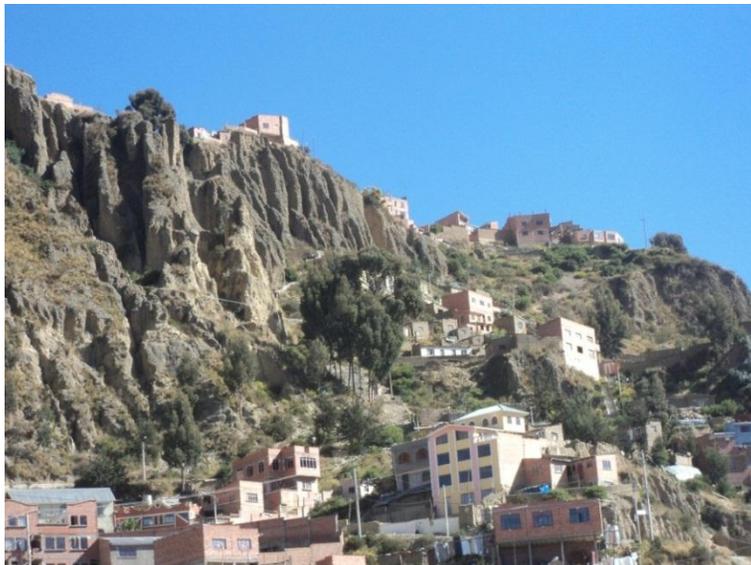


Ilustración 15. Vista del escarpe de deslizamiento de Metropolitana, las capas gris marrón son las gravas Pampahasi y las capas de color beige infrayacentes son sedimentos deslizados. En la ceja de Pampahasi el barrio de Cervecería.

El flujo de barro de Pampahasi arranca en la serranía cuchilla de Chuquiaguillo y su flujo conforma una meseta inclinada hacia el sur, conocida como Pampahasi, más al sur aflora en las serranías de Kupini en ambas márgenes de la subcuenca y zona homónima y llegan hasta la zona de Bella Vista y San Alberto. Su espesor máximo es de unos 40 metros en Pampahasi cerca de Kupini, su color varía de gris marrón a gris claro. En Pampahasi bajo central en el escarpe del actual deslizamiento este flujo de barro gravoso, sella un antiguo deslizamiento rotacional que ha movilizó bloques de más de 100 metros de diámetro de la Formación La Paz, estas masas deslizadas presentan una capa de cinerita Chijini con un buzamiento de unos 70° además de capas de arenas, gravas limos y arcillas, estas capas se hallaba a unos 500 metros más al norte y unos 150 metros por encima de su posición actual.

Cuando se produjo el deslizamiento de Pampahasi bajo Central y Callapa en el escarpe de más de 80 metros se observó dos niveles de aguas subterráneas, uno a 30 metros debajo de la ceja de Pampahasi presumiblemente en el contacto con los bloques rotados que son un deslizamiento antiguo, y otro a unos 20 metros por debajo del anterior en el contacto entre los bloques deslizados con la Formación La Paz in situ.

SEGUNDA ÉPOCA DE EROSIÓN

Según Bles et al., 1977, durante esta época los valles de los ríos Choqueyapu, Orkojahuirá e Irpavi ya estaban individualizados.

Glaciación Choqueyapu

Es en esta etapa que se identifica la cuarta glaciación denominada Choqueyapu I (Troll et al., 1935), que ingresa por estos valles hasta la cota de 3800, bien visibles en las zonas de Ciudadela Ferroviaria, Chuquiaguillo y Hampaturi, se observan bloques de granitos y limolitas azules en una matriz limo arenosa de color gris ceniza y marrón clara, son típicas las morrenas laterales y solamente en Hampaturi se observan las morrenas terminales.

Terraza Villa Salome

Depósitos fluvio-glaciares a fluviales contemporáneos a la glaciación Choqueyapu, lo constituyen los niveles de terrazas altas de Villa Salome (Terraza Irpavi de Dobrovolsky 1962). Constituida por gravas de color marrón grisáceas, heterogéneas con líticas sedimentarios y matriz arenosa.

Afloran a una cota de 3800 msnm formando unas terrazas suavemente inclinadas hacia el río Irpavi que se halla a unos 200 metros por debajo de este nivel.

Deslizamiento de Limanipata

Según Bles et al., 1977, en el valle del río Kaluyo en la zona denominada 7 lagunas, se observa un paisaje de hummocky, resultado de dos deslizamientos rotacionales en ambas laderas, en la margen derecha del río Choqueyapu se tienen 7 lagunas alineadas, esta masa deslizada es de 2,6 km de ancho por 0,9 km de largo y el otro deslizamiento a la izquierda del río mencionado, existen 4 lagunas permanentes no alineadas, la dimensión de este deslizamiento es de 1,6 km ancho por 1 km largo. Las dimensiones cortas corresponden a la dirección de flujo de oeste a este en el primero y de este a oeste en el segundo

Estos deslizamientos constituyen depósitos heterogéneos mezclados de lentes de gravas, arcillas, arenas y limos todos deformados y de un color gris blanquecino a beige en promedio el escarpe oriental es de más de 100 metros de rechazo vertical, mientras que el escarpe occidental presenta un escarpe con un rechazo de hasta 70 metros.

Lacustre Limanipata

Producto del deslizamiento de Limanipata se produjo un endicamiento del río Choqueyapu formándose un lago (Bles et al., 1977), el cual presenta en la actualidad depósitos lacustres arcillosos de unos 4 metros de espesor, este lago probablemente tuvo una corta duración, hasta que la erosión la desaguó hacia el valle de La Paz.

Terraza Miraflores

Depósitos aluviales que se hallan a unos 30 o 40 metros por sobre el nivel de los ríos actuales son las terrazas de Alto Seguencoma, Alto Obrajes, Miraflores, San Jorge, Villa San Antonio, Villa Copacabana, Villa Fátima y Alto Achumani. Denominadas como la Terraza Miraflores por Dobrovoly en 1962.

Son gravas con bloques de granito de hasta 3 metros de diámetro, en promedio bloques de hasta medio metro de areniscas y granitos son frecuentes, en una matriz arenosa, con contenido aurífero, en Miraflores y San Jorge se observa un flujo de barro arcilloso de unos 3 metros de espesor, interestratificado en esta secuencia.

Sus texturas y fábricas son típicamente aluviales y corresponden a flujos entrelazados que han rellenado en una época el Valle de la Paz

Estos sedimentos constituyen un buen acuífero ya que en el contacto con la Formación La Paz afloran muchos manantiales. En diversas zonas del Valle de La Paz

Glaciación Choqueyapu Ii

Un nuevo episodio glacial (Bles et al., 1977), se manifestó en el Valle de La Paz, observable en el valle de Kaluyo ya que sobre las laderas de este valle y sobre el antiguo paisaje glacial se han desarrollado pequeñas formas glaciales consistentes en morrenas laterales y de fondo de pequeñas dimensiones.

Flujos De Barro De La Segunda Etapa De Erosion

Una extensa etapa de inestabilidad probablemente afecto al Valle de La Paz (Bles et al., 1977), una serie de procesos de flujos de barro han equilibrado parcialmente las pendientes de las laderas manifiesta en todo el Valle siendo los más extensos los de la ladera oeste en Sopocachi y zona del Cementerio, consistente en gravas y arenas y limos removilizados, de color gris marrón a gris, en la ladera este se los observa en la avenida Periférica, villa Copacabana, villa San Antonio, Alto Obrajes, Condores Lakota.

Los arranques han tenido lugar en la ceja del altiplano para los de la ladera oeste y para los de la ladera este la serranía Cuchilla y los altos de Ovejuyo, son discordantes sobre las terrazas de Miraflores.



Ilustración 16. Vista de las morrenas terminales de la glaciación Choqueyapu I, cabeceras del río Irpavi próximo a la comunidad Lorokhota.



Ilustración 17. Vista de la corona de deslizamiento de Limanipata, en la ceja de Huaripampa y el paisaje de Hummocky desarrollado en el sector de 5 lagunas.



Ilustración 18. En el valle de Kaluyo el río homónimo ha cortado los sedimentos finos del episodio lacustre de Limanipata, como consecuencia del represamiento sufrido por el deslizamiento de Limanipata.



Ilustración 19. Vista de la terraza Miraflores en el valle del río Orkhojahuira, 10 metros por debajo de la zona de Miraflores se observa la capa arcillosa de un flujo de barro interestratificado.



Ilustración 20. Vista del valle de Kaluyo, en el centro de la foto se observan ondulaciones producidas por el evento glacial Choqueyapu II.



Ilustración 21. Vista de los flujos de barro en la zona oeste, en la prolongación Illampu.



Ilustración 22. Vista del torrente de barro de Peña Azul en las cabeceras de la quebrada Koani.



Ilustración 23. Vista de la meseta de Alto Irvavi producto de un torrente de barro, cuando las lagunas glaciales de la Glaciación Choqueyapu colapsaron y dieron origen a este flujo.

Torrente de Barro Peña Azul

En el valle del río Irpavi desde la parte baja de Hampaturi comunidad de Lorokhota altura de la Quebrada Jacha Khora se individualiza un torrente de barro encauzado al valle del río Irpavi este ha conformado una meseta suavemente inclinada hacia el sur, su extensión es de más de 9 km y su ancho probablemente fue de 0,8 km a 2,0 km, se halla a unos 40 a 50 metros sobre el nivel del río Irpavi, fue confundida con la terraza Miraflores, pero corresponde a un flujo de detritos masivo constituido por bloques de 3 a 4 metros de diámetro de limolitas gris azuladas con líticos angulares de areniscas, limolitas y granitos, algunos estriados sostenidos en una matriz gris azulada a gris beige.

Los comunarios originarios de Alto Irpavi denominaron al sector superior de esta meseta como sector Peña Azul porque en la superficie de la misma se observan grandes peñas de limolitas de color azul, estos bloques de limolitas no tienen muy buena resistencia a la tracción y como se observa en la cabeceras de los valles esos bloques apenas se los observa hasta unos tres kilómetros del lugar de origen, entonces la única explicación para que se hallen tan lejos de la fuente de origen es que estos hayan sido transportados en suspensión en un flujo turbulento masivo, que ha permitido preservarlos.

TERCERA ÉPOCA DE EROSIÓN

En este periodo de evolución del Valle de La Paz según Bles et al., 1977, está caracterizado por los grandes deslizamientos de Achocalla, Llojeta, Cerro Aruntaya (ciudadela Stronguista), y Huancani (Cóncores Lakota) y partes altas del río Wila Khota, cubren en discordancia a la terraza Miraflores y a la Formación La Paz.

Estos flujos son predominantemente una mezcla de limos y arcillas mezclados con lentes disturbados de gravas y arenas, como se observa en el torrente de barro de Achocalla en el sector de Mallasa son típicos los bloques de cinerita en superficie y en el valle de la Luna conforman un paisaje lunar por la erosión pluvial con las típicas formas de rocas Monigote con bloques de cinerita el tope.

Este flujo desde su zona de arranque en la ceja del Altiplano hasta su final más abajo de Avircato tiene una extensión de casi 22 km y en Aranjuez alcanza su máximo espesor con unos 50 metros.

El deslizamiento de Llojeta tiene una longitud de casi 4,6 km, Arranca en la Ceja de Ciudad Satélite y finaliza a la altura del Cementerio jardín en las orillas del río la Paz.

Este flujo de color gris beige está compuesto por una mezcla de limos y arcillas albergando lentes deformados de gravas y arenas además de Paleosuelos, en su parte terminal desarrolló algunas lagunas someras temporales.

El deslizamiento de Huacani cercanías de Condores Lakota y partes del río Wila Khota, arranca en las cumbres de las Animas y finalizan en las alturas de Cota Cota sobre el campus universitario de la UMSA, es de poco espesor llegando alcanzar unos 3 a 4 metros, es discordante sobre la Formación La Paz. Tiene una dimensión de 1,8 km por 0,5 km y un espesor medio de 6 metros

El deslizamiento de Cerro Aruntaya cubre discordantemente la meseta Peña Azul de 1,5 km de largo y un ancho máximo de 1,1 km y espesores de hasta 30 metros, constituido por una mezcla heterogénea de limos y arcillas con lentes deformados de arenas y gravas.

En esta época se tienen también depósitos de Terraza tal como la de barrio Grafico, Obrajes, Achachicala y barrio Ferroviario, Aruntaya, Bosque de Bolonia, Kellumani y alturas de Achumani, corresponden a depósitos aluviales que han quedado después de la última incisión del valle de La Paz hasta su actual piso.

Generalmente son gravas heterogéneas, siendo los depósitos de terraza de las cuencas de los ríos Choqueyapu, Orkojahuiria e Irpavi, con presencia de granitos de hasta 0,5 m de diámetro con clastos subredondeados de areniscas sustentados en una matriz arenosa, mientras que los depósitos aluviales de las cuencas de Achumani son gravas con líticos sedimentarios subredondeados con matriz arenosa.

Estas terrazas se hallan a diferentes alturas sobre los lechos de los ríos actuales variando estas entre 10 a 20 metros, siendo los espesores de igual magnitud.

Lacustre Calacoto

En las zonas de Calacoto, La Florida y Aranjuez producto del torrente de Barro de Achocalla se produjo un represamiento del río La Paz, conformándose un lago efímero que dio lugar a los depósitos del lago Calacoto, constituido por capas de arcillas gris beige con estratificación laminar y de hasta unos 20 metros de espesor hasta la década de los años 50 del siglo pasado esto estaban bien representados en la zona de Calacoto, la mancha urbana creciente fue cubriendo a la misma, solo están expuestos en la zona de Aranjuez en la ex ladrillera de Climaco Flores.

ÉPOCAS DE EROSIÓN RECIENTE Y ACTUAL (Bles et al., 1977)

Terrazas Aluviales

Los más conspicuos lo constituyen los depósitos de terrazas aluviales, que han sido ganadas a los ríos actuales han sido altamente urbanizados, siendo las más amplias las terrazas de Calacoto, Irpavi, Achumani, Koani, Huañajahuira, Obrajes y Chuquiaguillo, en menor dimensión son las de río Minasa, quebradas en San Simón, Alto Villa Copacabana y valle Hermoso.

Son gravas sueltas con contacto puntual entre líticos con matriz arenosa, generalmente de color gris claro. Sus espesores varían de decenas de centímetros hasta la decena de metros.

Flujos de Barro

Algunos flujos de barro recientes altamente urbanizados son los de Cota Cota, Ovejuyo, Auquisamaña, El pedregal y Codavisa, son terrenos constituidos por gravas, limos y arenas disturbadas con presencia en algunos casos de lagunas permanentes (Cota Cota), y actualmente presenta muchas zonas inestables ya que existen viviendas agrietadas y vías deformadas,

Los espesores son variables siendo a la altura de la calle 28 de Cota Cota de unos 40 metros, los colores varían de marrón grises a gris claros.

Dentro de estos clasificaremos a Villa Armonía, si bien fue considerado como un flujo de barro de la tercera etapa, la deformación por reptación que sufre actualmente agrietando viviendas y deformando sus vías de comunicación, lo hace activo y altamente amenazante a los vecinos que viven en esa zona.



Ilustración 24. Vista del gran deslizamiento de Achocalla, al fondo la inmensa corona del deslizamiento desarrollada en la ceja del Altiplano, al medio los bloques rotados sector de las lagunas y en el medio y extremo izquierdo de la foto el gran flujo de barro en el



Ilustración 25. Vista de una foto aérea de 1957, de la zona de la Florida, las parcelas gris claro corresponden a los sedimentos lacustres finos del Lago Calacoto, limitado al NE por la calle Benito Juárez y al SE. Por el río que la separa de la serranía de Aranjuez.

DESLIZAMIENTOS

Dada la inestabilidad de las laderas acrecentada por procesos de erosión del pie del talud, saturación de aguas por precipitaciones pluviales altas, rotura de redes de agua potable y alcantarillado, sobrecarga por construcciones y urbanizaciones ilegales de terrenos inestables, y microsismicidad producida por alto tráfico, han venido provocando un sinnúmero de deslizamientos principalmente rotacionales, en algunos casos también traslacionales, o combinación de ambos.

En el valle de La Paz, estas zonas inestables se las ha identificado en Limanipata, en ambas orillas del río Choqueyapu, en Munaypata sobre la cancha kilómetro 3, más al sur en la Segunda Vascones, en la ladera oeste son frecuentes los de Tembladerani, Cotahuma, Obispo Bosque, Jaimes Freyre, San Martín, Adela Zamudio, Playa Verde, Kantutani (relleno Sanitario).

En la zona de Llojeta en las quebradas del Chuajahuira y Jarañapampa, Los Pinos y al pie del mismo el deslizamiento del Cementerio jardín y urbanizaciones aledañas.

En la zona de Tejada Alpacoma el sector de las ladrilleras, donde existen deslizamientos rotacionales, y traslacionales y torrentes de barro alineado a la falla Alpacoma.

Siguiendo por la ladera oeste en sector de Alto Seguencoma y cabeceras de la Quebrada Remedios en la zona Reyes Carvajal y más al sur en el Gramadal próximo a la urbanización Amor de Dios.

En la garganta de Aranjuez también existen deslizamientos activos así como en los valles de las urbanizaciones valle de Aranjuez y Sequoia.

En el caso urbano Central es notorio el deslizamiento del Calvario, más al sur están los de la Caja de Agua, Villa Pabón, Calle Sucre, San Juan Lazareto y los más activos el de Santa Bárbara y Laikakhota.

En la ladera este los deslizamientos se han registrado desde San Simón al norte y hacia el sur se tienen los de avenida Latinoamericana, Valle Hermoso, Villa San Antonio, Calle 1 de Pampahasi, Villa Litoral, Unión Frontera, los Retamanis y el macro deslizamiento de villa Armonía y sus movimientos recientes tal como el de Zenobio López, IV Centenario y German Jordán.

Otros deslizamientos son los de San Isidro, Los Álamos, Calle 8 de Obrajes, Huanu Huanuni, Avenida Mecapaca, Calles 20, 21, 22 y 23 de Bella Vista, además de los de Kupini Alto y Bajo.

En el valle del río Irpavi se tienen los deslizamientos de Callapa, Chinchaya, Chicani y Aruntaya.

En las cuencas de Achumani, Jillusaya y Huañajahuira de Norte a Sur tenemos los deslizamientos de Kellumani, Alto los Rosales, Lomas del Sur, Las Carmelitas, Los Lirios, calle 28 y 35 de Cota Cota, El Pedregal, Los Rosales, Codavisa, La Merced, Virgen de Copacabana, norte de la ciudadela Stronguista, 23 de marzo, Urbanización de las tres fuerzas y Apaña. En la Serranía de Aranjuez existen varios deslizamientos controlados por el drenaje hacia el río La Paz.

ABANICOS ALUVIALES

Son aquellos depósitos que se forman donde la energía de los ríos cambia entonces estos se han formado en estos sectores, siendo los más importantes los abanicos de Ovejuyo, Irpavi II, La Florida, la bajada de Villa Salome, el Jacha Khora y de Huayllani, son depósitos de gravas sueltas con matriz arenosa, con líticos principalmente sedimentarios subredondeados, de color gris claro.



Ilustración 26. Vista de la zona de Achumani urbanizando las terrazas actuales del río homónimo, al fondo a la derecha las terrazas antiguas de este río.



Ilustración 27. Vista del deslizamiento de Allpacoma, en el margen izquierdo del río homónimo y como se han formado una lagunas sobre la base de la corona de este deslizamiento.



Ilustración 28. Vista de las cabeceras del río Warisani sector de Santa Bárbara, deslizamientos activos en superficies casi horizontales solamente por saturación de aguas de los suelos.



Ilustración 29. Vista del gran abanico aluvial de Ovejuyo, sitio de descarga de las quebradas Charapaya y Ovejuyo.



Ilustración 30. Vista del valle de Kaluyo y los depósitos aluviales actuales que están siendo explotados por áridos.



Ilustración 31. Vista del deslizamiento de Pampahasi bajo Central a los pocos días el suceso.



Ilustración 32. Vista del deslizamiento de Pampahasi bajo Central a los tres meses después del suceso.

DEPÓSITOS ALUVIALES ACTUALES

Constituyen los sedimentos existentes en los canales de los ríos actuales son depósitos de gravas, arenas, limos y ocasionalmente arcillas.

1.4.2 GEOMORFOLOGÍA GEOLOGÍA DEL VALLE DE LA PAZ

La evolución del paisaje del Valle de La Paz, está relacionado una fase de tectónica finimiocena que deforma y falla sedimentos paleozoicos, produciendo un paisaje áspero por el cabalgamiento de las rocas paleozoicas sobre las rocas Paleógenas y Neógenas, la orientación de estas sierras es de Sudeste a Noroeste, adoptando un lineamiento andino. Posterior a esta deformación, se formó el Altiplano producto del relleno discordante de este paisaje, algunas formas de denudación glacial y fluvial, quedaron preservadas sobre un paisaje de pie de monte a llanuras aluviales.

Este paisaje durante el Pleistoceno fue modificado por una incisión del valle, esta erosión produjo los valles desgarrados del altiplano tal como el de La Paz, Sapahaqui y Luribay, más al norte el valle de Sorata.

La evolución geomorfológica del valle de la Paz corresponde a formas de erosión y formas de acumulación.

Una descripción más completa se halla en el informe Geológico N° 6 “Características Geomorfológicas de la Cuenca de La Paz y Alrededores” elaborado por Malatrait et. al., 1978

1.4.2.1 Formas De Erosión

En la evolución geomorfológica del Valle de La Paz las formas más conspicuas son, los escarpes de glaciación en las aristas y agujas glaciares del Huayna Potosí y las cumbres de Incachaca, Hampaturi y Palcoma, así como sus lagunas en rosario, que exponen el Bed rock (roca madre) y los valles en U desarrollados en las cabeceras de los ríos Kaluyo, Orkojahuirá, Irpavi y Achumani, en las cabeceras del río Kaluyo se puede observar el típico desarrollo de un paisaje glacial con las paredes del valle facetados y valles colgantes.

Otras formas conspicuas de este valle son los escarpes de deslizamiento, siendo los más espectaculares los escarpes de Achocalla, Tejada Alpacoma, Llojeta, Pampahasi, Limanipata.

Sobre cada suelo también se tienen formas características de erosión tal como las

pirámides de tierra en suelos gravosos con matriz arenosa, se tiene un intenso carcavamiento, desarrollando una erosión dendrítica muy densa, típico del valle de las Animas, Huayllani, Serranía Cuchilla de Chuquiaguillo, quebradas Utapulpera y Coa Coa en la ladera oeste. Además de la Muela del Diablo en la zona Sur.

En las zonas de sedimentos finos tal como la formación La Paz, en los sectores de Achumani, Aruntaya, Cactario, se tienen otros paisajes tal como rocas Monigotes.

Paisajes de Pseudo carts con erosión subterránea se han dado en algunos sectores de flujos de barro y deslizamientos, siendo los más preservados los de Malasilla en el valle de la Luna, Urbanización Sequoia, Final Armaza, Allpacoma, Llojeta y Alto Seguencoma.

Producto del ciclo geomorfológico fluvial se han desarrollado valles en V juveniles y valles maduros con piso plano y flujos entrelazados. En la garganta de Aranjuez, el río La Paz constituye un río sobreimpuesto.

Producto de la profundización del valle de La Paz, se han diferenciado 4 etapas de erosión identificadas por varios niveles de terrazas y paleodeslizamientos.

Las formas de erosión han expuesto geformas relacionadas a procesos endógenos tal como altos y bajos estructurales, serranías homoclinales (Aranjuez) y cuerpos ígneos (Muela del Diablo).



Ilustración 33. Vista de la Corona del deslizamiento de Pampahasi Bajo Central.



Ilustración 34. Vista de los proceso de erosión diferencial con la conformación de pirámides de tierra en el rio Ovejuyo.



Ilustración 35. Vista de los procesos de erosión interna en Llojeta Bajo, drenaje dendrítico muy denso y el deslizamiento del cementerio jardín, foto aérea de 1930.

1.4.2.2 FORMAS DE ACUMULACIÓN.

De acuerdo a los procesos identificados se tiene el Ciclo Geomorfológico Glacial y el Ciclo Geomorfológico fluvial, como principales agentes morfogenéticos que han dado lugar a una variedad de formas que han modelado el paisaje.

El paisaje más conspicuo es el de las Formas Glaciales, y los depósitos más grandes y bien preservados lo constituyen las morrenas de la Glaciación Milluni, bien expuesta en el camino Alto de Lima a Milluni, constituyen serranías paralelas con cantos erráticos en sus laderas y cúspides, una de las más grandes tiene unos 15 kilómetros de longitud y alcanza alturas de hasta 150 metros desde su piso a una de sus cúspides.

Otras morrenas de menor dimensión son las identificadas durante la glaciación Choqueyapu I, la forma más representativa son las morrenas laterales de Chuquiaguillo de hasta 6 kilómetros de largo y una altura de 50 metros desde el piso del valle glacial y las morrenas terminales en Hampaturi.

La glaciación Choqueyapu II solamente fue identificada en las laderas altas del valle de La Paz en Chuquiaguillo y Kaluyo, estas formas son morrenas laterales y de fondo, de unos 500 metros de largo y unos 6 a 7 metros de alto.

El otro paisaje dominante es el relacionado al ciclo geomorfológico fluvial caracterizado por los depósitos de terraza, siendo el más antiguo el de la Ceja del Alto de la Paz y Achocalla, constituyendo una planicie ligeramente inclinada hacia el suroeste, de similar génesis lo constituyen Huaripampa y el Alto de Ovejuyo.

Cuatro etapas de erosión han sido determinadas relacionados a procesos y formas asociadas la geomorfología, siendo las principales las formas asociadas al ciclo geomorfológico fluvial y a procesos de remoción en masa.

Grandes formas asociadas al ciclo geomorfológico fluvial los constituyen las Terrazas Aluviales, siendo las más altas y antiguas las de Villa Salome, solamente observables en el valle del río Irpavi en su margen derecho. Limitados por escarpes abruptos debidas a erosión y deslizamientos.

Otra forma importante lo constituye la terraza Miraflores, geoforma sobre la que se ha construido el centro de la ciudad de La Paz y constituye el sitio donde existe mayor densidad de edificaciones, principalmente edificios.

Se halla limitado por escarpes de erosión y formas de acumulación tal como abanicos aluviales y deslizamientos.

Otras terrazas similares son las de Barrio Grafico, Bologna, Kellumani y otras similares.

Las terrazas recientes son aquellos depósitos aluviales actuales limitados por canalizaciones siendo las más importantes las de Achumani, Irpavi y Calacoto en la zona sur, igualmente con alta densidad de construcciones residenciales y de edificios comerciales. Estas formas son propensas a inundaciones.

Los abanicos aluviales generalmente dentro del valle de La Paz ya han sido invadidos por urbanizaciones, siendo los más importantes los de la ladera oeste en la Landaeta altura del estadio Bolívar, Chamoco Chico, El Tejar, San Pedro y Sopocachi.

En la ladera este los abanicos aluviales se han identificado en Las Delicias, Villa El Carmen, Chuquiaguillo, Villas Copacabana y San Antonio.

En el valle del río Irpavi, estas formas se hallan en Villa Salome, Chicani, Chinchaya, Irpavi II y Aruntaya.

En la zona Sur el más vulnerable es el abanico aluvial de Ovejuyo, propenso a un desborde del río Ovejuyo.

Las formas más antiguas lo constituyen la meseta de Pampahasi que es una superficie inclinada hacia el sur constituida por un flujo de barro gravoso con niveles de arcillas deformadas, y se alternan aluviones de barro gravoso. De similar paisaje es el flujo de barro de Laikakota que en Agua de la Vida ha conformado un paisaje similar.

Otra forma similar lo constituye el Flujo de barro de Jukumarini que aflora en la ladera oeste siendo representativo la pendiente hacia el este es más empinada.

Formas más preservadas aunque con alta cobertura urbana son los flujos de Barro del Cementerio, Chijini, San Pedro y Sopocachi en la ladera oeste.

En la ladera este son los flujos de barro de Villa San Antonio, Alto Obrajes y Bella Vista, en la cuenca Irpavi se tiene el Cerro Aruntaya,

En la cuenca Irpavi se tiene la meseta de Peña Azul, geoforma asociada a un flujo turbulento de barro probablemente asociado a un desborde de lagos glaciares formados durante la Glaciación Choqueyapu I de casi 9 kilómetros de longitud que en un momento ha debido rellenar todo el valle de Irpavi y parte de Calacoto, ahora por la erosión sufrida, esta forma ha quedado preservada en un alto topográfico limitado por escarpes de erosión, son típico de esta forma los bloques de limolitas azules de hasta 3 m de diámetro que sobresalen en superficie, y que los comunarios de estas zonas denominaron como sector Peña Azul, y es en el Mapa geológico que se reconoce como nueva Unidad Formacional para el valle de La Paz,

Otra forma similar aún más grande es el torrente de barro de Achocalla, que desde la ceja

del Alto del mismo valle ha desarrollado una corona de deslizamiento, el deslizamiento rotacional desarrollado, sobre los escarpes secundarios se han formado lagunas, delante de estos escarpes la masa deslizada se ha licuado y en forma de una corriente lodosa turbulenta ha discurrido por el valle del río La Paz, formando una meseta a unos 40 o 50 metros sobre el nivel del río esta meseta esté bien preservada en las zonas de Mallasilla, Mallasa, Jupapina, Umamanta y Huajchilla.

De similar génesis aunque más reciente es el flujo de Cota Cota con su corona de deslizamiento en Ovejuyo y el flujo de barro heterogéneo que es una mezcla de gravas y limos y arenas llo hasta la zona de los Pinos.

Son típicos de este flujo que en los escarpes secundarios, se han formado las famosas lagunas de Cota Cota (Khota Khota = zona de lagunas en Aymara), aun hoy visible en el campus Universitario de San Andrés.

Los deslizamientos son otras de las formas que se tienen en el Valle de La Paz, se manifiestan en diferentes magnitudes, generalmente son deslizamientos rotacionales y traslacionales, o una combinación de los mismos, sobre esos terrenos movidos son permanentes los procesos de reptación, que se los observa en las zonas urbanizadas o no, donde la deformación del suelo es muy lenta pero constante.

Formas muy preservadas de estos deslizamientos se tienen en Limanipata con un escarpe desarrollado sobre ambas cejas del Alto de Kaluyo y Alto de Huaripampa, siendo el de la orilla izquierda del río Choqueyapu el que ha desarrollado un paisaje hummocky típico de deslizamientos rotacionales.

Así mismo el deslizamiento de Callapa es otro de grandes dimensiones y está compuesto por varias coronas que se alinean desde la plazuela Ergueta hasta el ingreso a Callapa por Kupini. De unos 1.5 km de largo, el escarpe desarrollado en primera instancia tenía unos 40 a 50 metros, escarpes secundarios se han desarrollado en varios sectores, el cuerpo y pie de este deslizamiento se halla en la zona de Callapa, dada la dinámica actual este deslizamiento se ha reactivado el 26 de febrero de 2011, evidenciándose, que todas estas formas se desarrollan en una serie de eventos de corta duración.

Los tipos de movimientos registrados en este deslizamiento son rotacionales y traslacionales y el ajuste de los escarpes es mediante derrumbe de bloques que han quedado en contra talud, desarrollándose un talud natural de 100 %.

En Tejada Allpacoma que es un valle totalmente inestabilizado, se tiene todas las formas posibles de procesos de remoción en masa, con deslizamientos rotacionales,

traslacionales, flujos viscosos de lodos, derrumbes y otras formas de remoción en masa. En algunos sectores de la sur en la serranía de Aranjuez existen acumulaciones por gravedad estos son los conos de talud más conocidos como sallerios.

Otra forma acumulada por gravedad que excede la los conos de talud son los coluvios en todas las pendientes de hasta 100 %, caracterizado por una acumulación en las laderas de material grueso y fino sin agua, solo por gravedad.

Una descripción más detallada de los procesos y agentes que dieron lugar a la geomorfología del Valle de La Paz se halla en el estudio “Características Geomorfológicas de la Cuenca de La Paz y Alrededores” por Malatrait 1997.

1.4.3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL VALLE DE LA PAZ

La paz en casi su totalidad aproximadamente un 100 % está constituida por diferentes calidades de suelos y el restante mínimo porcentaje lo constituyen rocas de diferente calidad.

Los suelos que conforman al Valle de La Paz de acuerdo a sus condiciones geotécnicas tienen diferentes calidades es así que brevemente de acuerdo a las diferentes clasificaciones dadas en el MAPA GEOTÉCNICO DE LA CIUDAD DE LA PAZ Y SUS ALREDEDORES de la BRGM 1977 daremos las características generales, en base a las asociaciones de suelos y rocas.

1.4.3.1 Formaciones Del Zócalo

Problemas

Son rocas con relieves abruptos, varios tipos de remoción en masa por erosión y alteración, casi siempre inestabilidad superficial, con erosión diferencial baja e intensa.

Aptitudes

La aptitud de los terrenos es Débil y Pobre, en algunos pocos sectores es apta para fundaciones por lo fácil de su excavación, requiere de estudios y de movimientos de tierra para poder urbanizarse.

1.4.3.2 Formaciones La Paz y Purapurani

Problemas

Son suelos con relieves abruptos, presentan inestabilidad en varios sectores por erosión del pie de talud, con presencia de arcillas plásticas saturadas, arenas saturadas sin cohesión, presión hidráulica fuerte, fallas o fracturas de descompresión y disminución de las propiedades físico mecánicas con la saturación por la descompresión y la remoción.

Aptitudes

Pobre y localmente Buena, Para urbanizaciones extensas (según topografía, naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas).

Para edificios aislados en terrenos de baja pendiente, condiciones de fundación generalmente buena. Con la debida precaución para terrenos plásticos (drenaje y aireado), buen mantenimiento de redes de agua potable y alcantarillado, terrenos aptos para la fabricación de cerámica bruta (tejas y ladrillos).

1.4.3.3 Formaciones La Paz, Purapurani, Calvario

Problemas

Relieve abrupto afectado por erosión superficial intensa, presentan inestabilidad en varios sectores por fallas o fracturas, circulación de aguas subterráneas, presencia de arcillas muy plásticas y disminución de las propiedades físico mecánicas de los niveles finos con la saturación, descompresión o remoción.

Aptitudes

Media a Buena, Para urbanizaciones extensas (según topografía, naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas).

Para edificios aislados en terrenos de baja pendiente, condiciones de fundación buena a excelentes. Se recomienda un buen mantenimiento de redes de aguas potables y alcantarillado, Localmente los terrenos gravosos y arenosos pueden ser fuentes de préstamo.

1.4.3.4 Formaciones La Paz, Purapurani, Kaluyo, Gravas Del Altiplano

Problemas

Relieve abrupto afectado por erosión superficial intensa, presentan en ciertos lugares del Altiplano niveles arcillosos y gravosos poco densos y plásticos. En el Kenko y Huaripampa zonas de fallas potencialmente activas.

Aptitudes

Excelente en el Altiplano y terrenos poco inclinados

Media a Buena, Para urbanizaciones extensas (según topografía, naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas).

Para edificios aislados en terrenos de baja pendiente, condiciones de fundación buena a excelentes. Se recomienda un buen mantenimiento de redes de aguas potables y alcantarillado.

Prohibir toda construcción en las zonas mismas de fallas potencialmente activas del Altiplano.

Buenas fuentes de préstamo.

1.4.3.5 Formaciones Calvario y Milluni Superior

Problemas

Relieve abrupto afectado por erosión superficial, Inestabilidad en ciertos sectores por la saturación de aguas, presentan en algunos lugares del Altiplano niveles arcillosos y gravosos poco densos y plásticos.

Aptitudes

Buena en el Altiplano y Huaripampa

Pobre, en algunos pocos sectores es apta para fundaciones por lo fácil de su excavación y requiere de estudios y de movimientos de tierra para poder urbanizarse. Se recomienda un buen mantenimiento de redes de aguas potables y alcantarilladas

1.4.3.6 Deslizamientos Antiguos Pampahasi, Laikakota y Jukumarini

Problemas

Erosión y remoción en masa de los borde de las planicies. Naturaleza heterogénea.

Aptitudes

De Excelente a Buena.

Media a Buena, Para urbanizaciones extensas (según topografía, naturaleza del terreno y las condiciones hidrogeológicas).

Buenas fuentes de préstamo los materiales gravosos.

1.4.3.7 Miraflores

Problemas

Erosión e inestabilidad de los taludes (erosión de pie), caída de bloques, excavación mecanizada a veces difícil debido a la presencia de pedrones, niveles arcillosos densos y plásticos.

Aptitudes

Excelente, constituye el mejor terreno de fundación de la cuenca siempre y cuando se eviten los taludes muy empinados.

Buena fuente de préstamo los materiales gravosos y la presencia de grandes bloque de granito es utilizada como piedra sillar.

1.4.3.8 Sedimentos Lacustres Calacoto

Problemas

Erosión fuerte, características físico-mecánicas muy variables y sensibles a la saturación de aguas, inestabilidad y asentamientos.

Aptitudes

Pobre a débil, Para urbanizaciones extensas (según topografía, naturaleza del terreno y

las condiciones hidrogeológicas.

Terrenos aptos para la fabricación de cerámica bruta (tejas y ladrillos).

1.4.3.9 Abanicos Aluviales Terrazas de Ríos y Aluviales Actuales

Problemas

Zonas saturadas a veces inundables

Riesgos de erosión y derrumbes de los bordes de ríos y terrazas.

Riesgos de asentamientos diferenciales e inundaciones sobre todo en los abanicos.

Aptitudes

Excelente a Buena, son las áreas de urbanización de Irpavi, Achumani y Calacoto. Se debe tener cuidado con el nivel freático y con los niveles finos

Las gravas y arenas son fuentes de préstamo excelentes.

1.4.3.10 Remoción en Masa Antigua (avenida Periférica, villa Copacabana, Villa San Antonio, Alto Obrajes, Condores Lakota)

Problemas

Erosión superficial.

Remoción en masa de varios tipos, localmente relieves abruptos, disminución de las propiedades físico mecánicas por efecto de saturación de aguas.

Aptitudes

De Media a Pobre, a localmente Buena, zonas altamente urbanizadas en la ladera oeste y este, son indispensables buenas obras de drenaje de aguas superficiales, subterráneas y de redes de drenaje sanitario.

Los niveles gravo arenoso son buenas zonas de préstamo.

1.4.3.11 Remoción en Masa Reciente (Achocalla, Llojeta, Cerro Aruntaya (ciudadela Stronguista), y Huancani (Cóndores Lakota) y partes altas del río Wila Khota)

Problemas

Erosión superficial y subterránea.

Remoción en masa de varios tipos, localmente relieves abruptos, disminución de las propiedades físico mecánicas por efecto de saturación de aguas.

Aptitudes

De Media a Pobre, Buena, zonas altamente urbanizadas en la ladera oeste y este, son indispensables buenas obras de drenaje de aguas superficiales, subterráneas y de redes de drenaje sanitario. El carácter mayoritariamente arcilloso de estos terrenos hace que se presenten asentamientos diferenciales, los trabajos de estabilización de suelos son muy costosos.

1.4.3.12 Flujos de Barro y Deslizamientos Actuales

Problemas

Inestabilidad potencial y real, características físico mecánicas muy variables, frecuentemente bajas y sensibles a la saturación.

Reactivación generalmente por saturación de aguas superficiales y subterráneas, erosión de pie de talud natural y antrópica, sobrecarga por movimientos de tierra, construcciones ilegales y escombros y acumulación de basura.

Aptitudes

De Pobre a Nula. Rehabilitación posible de ciertos lugares, de poca extensión, esencialmente por medio de obras de drenaje, protección y recalce del pie.

1.4.3.13 Coluvios

Problemas

De Pobre a Nula

Rehabilitación posible de ciertos lugares, de poca extensión, esencialmente por medio de obras de drenaje, protección y recalce del pie.

Aptitudes

De media a Débil, localmente Buena (pendientes poco inclinadas y granulometría gruesa) Para edificios pesados es necesario comprobar los riesgos de inestabilidad y de asentamientos diferenciales, tomar las precauciones usuales de drenaje.

1.4.3.14 Relleno Artificial

Problemas

Características nulas a muy bajas, Erosión interna, terrenos compresibles, espesor variable

Aptitudes

De Débil a Nula. Buena en caso de compactación correcta
Necesidad de comprobar el espesor y la compacidad del relleno.

1.4.4 TECTÓNICA EN EL VALLE DE LA PAZ

La deformación manifestada en el valle de La Paz esta correlacionada al Ciclo Andino II fase Quechua, según Lavenu y Mercier, 1994, señalan que el lapso 5,5 y 2,8 Ma de sedimentación de la cuenca de La Paz fue plegada y sellada por sedimentos glaciales y aluviales Plio-Cuaternarios, los pliegues desarrollados en los afloramientos de Achumani y Llojeta son paralelos a las grandes fallas de Amachuma y el Kenko, en la vecindad estas fallas se afectan a la cobertura cuaternaria.

Un estudio realizado por El Observatorio San Calixto y Sergeotecmin el año 2007 y presentado a las autoridades del Municipio del Alto de La Paz, se estableció que estas fallas tienen una recurrencia cada 15000 años, el análisis de paleosuelos obtenidos de varias trincheras excavadas en varios sitios de la falla el Kenko (Ciudad Satélite, Ludoteca

y Cuartel Tarapacá), se estableció que la falla más antigua data de hace 30000 años y la última falla es de hace 15000 años.

Las mensuras realizadas de la geometría de las fallas y de las direcciones axiales de los pliegues da una componente de desplazamiento siniestro, las fallas mayores tienen una dirección 125° N y las asociadas tienen una dirección 110° N. desarrollando fracturas tipo Riedel, la deformación del Final del Plioceno muestran un acortamiento próximo a EW.

En el mismo sector las fallas que afectan a los sedimentos pliocenos muestran dos cinemáticas, una de fallas inversas y la otra de fallas normales.

Por comparación las fallas que afectan al Cuaternario en los mismos sitios muestran siempre una cinemática en fallas normales resultantes de una extensión próxima a N-S.

Entonces el cálculo cinemático realizado por Lavenu y Mercier, 1994, sobre estas fallas muestra que las fallas inversas son compatibles con una compresión Este Oeste y un acortamiento Norte Sur.

2 MAPA DE AMENAZAS

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) preocupado con los constantes fenómenos geodinámicos que afectan al Valle de La Paz, tal como deslizamientos e inundaciones, que se hacen cada vez más trágicos debido al crecimiento explosivo de la mancha Urbana que ha invadido informalmente lechos de ríos y laderas inestables, decidió elaborar un Nuevo Mapa Geológico que sirva de base para identificar las diferentes amenazas geodinámicas a estas zonas vulnerables y así poder identificar los Riesgos que puedan afectar el desarrollo de la Ciudad más importante de Bolivia.

Ya en el año 1978 las consultoras BRGM – BCEOM 1977-1978, realizaron el Estudio Ecogeológico de la Cuenca de La Paz y sus Alrededores, plasmados en 23 documentos temáticos, elaborados para planificar el Desarrollo Urbano de la Ciudad de La Paz.

La escala de trabajo de esos documentos fue de 1:50000, pero dado que la cobertura Urbana es susceptible de ser amenazada por los fenómenos citados a nivel de manzano, era necesario sobre la base de información existente generar un Mapa Geológico a una escala de 1:5000, para ese fin se utilizó las ortofotos del año 2006, además de fotos aéreas del siglo pasado que datan de las décadas del 30, 50, 60, 70, 80, 90 y de la primera década del presente siglo, el análisis realizado permitió una interpretación multitemporal de la geología del valle de La Paz.

Este trabajo fue realizado por geólogos de nuestro municipio que poseen diferentes aptitudes y la combinación de esas capacidades permitió realizar este trabajo en forma óptima.

Sobre esa información básica y necesaria se elaboraron otros mapas temáticos a la misma escala tal como el mapa Geomorfológico, mapa Geotécnico y un mapa de Pendientes.

Combinando esos mapas temáticos se obtuvo un mapa de Amenazas por Remoción en Masa, paralelamente se trabajó un Mapa de Amenazas por Inundaciones.

Por otra parte otro grupo de técnicos de varias disciplinas (ingenieros civiles, agrónomos, geógrafos) elaboraron el mapa de Vulnerabilidades.

La combinación algebraica de estos Mapas permitió obtener el Mapa de Riesgos Versión 2011.

2.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Troll y Finsterwalder (1935), realizaron los primeros estudios sobre la geología del valle de La Paz, más tarde Dobrovlny (1962) elaboro el estudio geológico del Valle de La Paz y sus primeras consideraciones sobre el deslizamiento de Santa Bárbara e identificando el torrente de barro de Achocalla, Dobrovlny (1968) hace un estudio más detallado del Torrente de Barro de Achocalla.

Posteriormente Bles et al. (1978), mediante las consultoras BRGM-BCEOM, dentro del Estudio Ecogeológico de la Cuenca de La Paz y sus Alrededores, elaboraron el informe sobre las características litoestratigráficas del Valle de La Paz, para el Plan de desarrollo Urbano de la Ciudad de La Paz de la Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, donde clasifican a las unidades litológicas en Formaciones del Zócalo que agrupan a rocas de los sistemas Silúrico, Devónico, Cretácico, Paleógeno y Neógeno.

También dentro de esa clasificación se tienen las Formaciones del Altiplano, que son los suelos agrupados en los sistemas Neógeno y Cuaternario, que rellenaron el valle de la paz hasta el Altiplano, representados por las planicies del Alto de La paz, Huaripampa y el alto de Ovejuyo.

El desarrollo de la cuenca por la erosión en el sistema cuaternario, está clasificado como Depósitos y Deslizamientos de las Cuencas, se consideran la primera Época de Erosión, Segunda época de Erosión, Tercera Época de Erosión y finaliza con las Épocas de Erosión reciente y actual.

El siguiente cuadro es la leyenda del Mapa Geológico de La Paz editado por la BRGM - BCEOM, que resume a todas formaciones Litológicas identificadas por Bles et al. (1978):

MAPA DE RIESGOS 2011

LEYENDA DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA PAZ BRGM - BCEOM Elaborado por el Ing. J. L. BLES con los levantamientos geológicos a escala 1:10000 de los ingenieros: A. ALAVARES, O. ANZOLEAGA, O. BALLIVIAN, J. L. BLES, O. BUSTILLOS, H. HOSCHSTATTER, A. MALATRAIT y N. OTAZO. En 1978			
DEPOSITOS Y DESLIZAMIENTOS DE LAS CUENCAS	c	Coluvios	ÉPOCAS DE EROSIÓN RECIENTE Y ACTUAL
	a	Aluviones actuales de los ríos	
	aa	Flujos de terrenos y deslizamientos del periodo actual	
	d	Flujos de terrenos de la época de erosión reciente	
	tr	Terrazas de ríos	
	Lf	Formación lacustre de ARANJUEZ – LA FLORIDA: Arcillas finas ocres	TERCERA ÉPOCA DE EROSIÓN
	f3	Flujos de terrenos de la tercera época de erosión	SEGUNDA ÉPOCA DE EROSIÓN
	1 f2	Flujos de terrenos de la segunda época de erosión 1= Coluvios de la misma edad	
	ir mi	Terraza IRPAVI (Dobrovolny, 1962): Gravas Terraza MIRAFLORES: Gravas con clastos de granitos de gran tamaño	
	LLp	Formación lacustre de LIMAN PATA	
	dLp	Deslizamiento de LIMAN PATA	
	ch	Glacial de valle CHOQUEYAPU: Morrenas con capas de turbas	
	dp	Deslizamientos y gravas fluviales tipo PAMPAJASI	
FORMACIONES DEL ALTIPLANO	1 sba 2	Cubierta de la superficie baja del altiplano: Gravas (1) y Arcillas lacustres (2)	PLEISTOCENO
	LB	Formación lacustre Ballivian: Arcillas finas ocres amarillentas	
	(GA) 1 GA	GRAVAS DEL TECHO DEL ALTIPLANO 1= Superficie estructural del nivel 4 de erosión o de estas gravas	
	1 MS	Formación glacial CHACALTAYA (MILLUNI SUPERIOR)	PLIOCENO
	1 MI 2	Formación glacial KALUYO (MILLUNI INFERIOR)	
	PU 2	Formación lacustre fluvial PURAPURANI	
		- Morrenas al Norte (1) - Lava de barro al Sur	
	- Till al Norte, (1) con presencia posible de cinerita en su base - Gravas fluvio-glaciales al Sur (2)		
	- Gravas con capas de limos ocres a veces con cinerita en la base (1) 2= Arcillas, arenas y gravas gris azul claro		

MAPA DE RIESGOS 2011

	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>CA</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> </table>	1	CA	2	3	Formación glacial CALVARIO - Till (1) y gravas fluvio-glaciales que pueden supra (2) e infrayacen (3) al till.	
	1	CA					
2	3						
	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>2</td></tr> </table>	3	1		2	Formación lacustre LA PAZ - Arcillas, arenas y gravas gris azul claro con cinerita Chijini (1) y otras cineritas (2). 3 = facies gravosa	
3	1						
	2						
FORMACIONES DEL ZOCALO	MD	Roca intrusiva de la Muela del Diablo		?			
	HU	Formación Huallaconi	: Gravas y conglomerados rojizos	EOCENO ?			
	AR	Formación Aranjuez	: Conglomerados y limolitas rojas	CRETACICO ?			
	Si	Formación Sica Sica	: Lutitas negras y cuarcitas	SILURO DEVÓNICO			

Tabla 1. MAPA GEOLOGICO DE LA PAZ BRGM - BCEOM

Asimismo Bles et al. (1978) realizan una interpretación de la evolución y correlación estratigráfica de la región de La Paz.

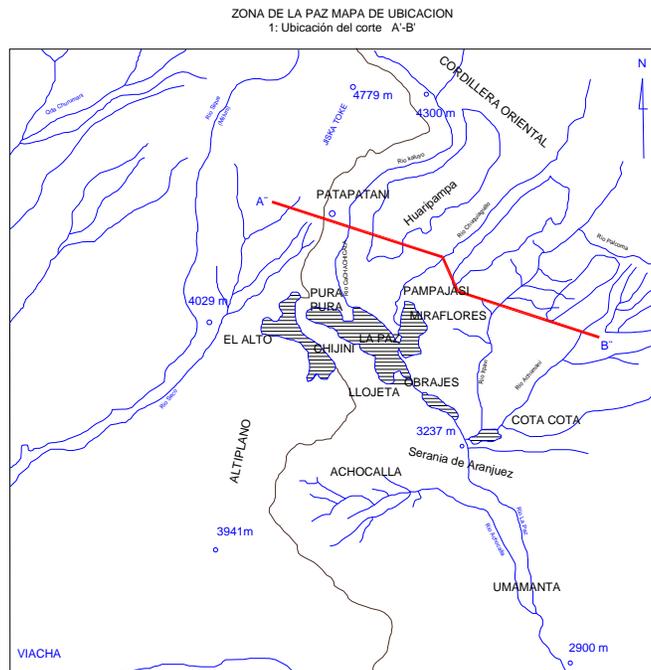


Ilustración 36. Mapa de Ubicación Corte A' – B'

Corte geológico (A' - B' NW-SE del Pliocuatrnario de La Paz, segun BRGM - BCEOM (Bles et. al., 1978)

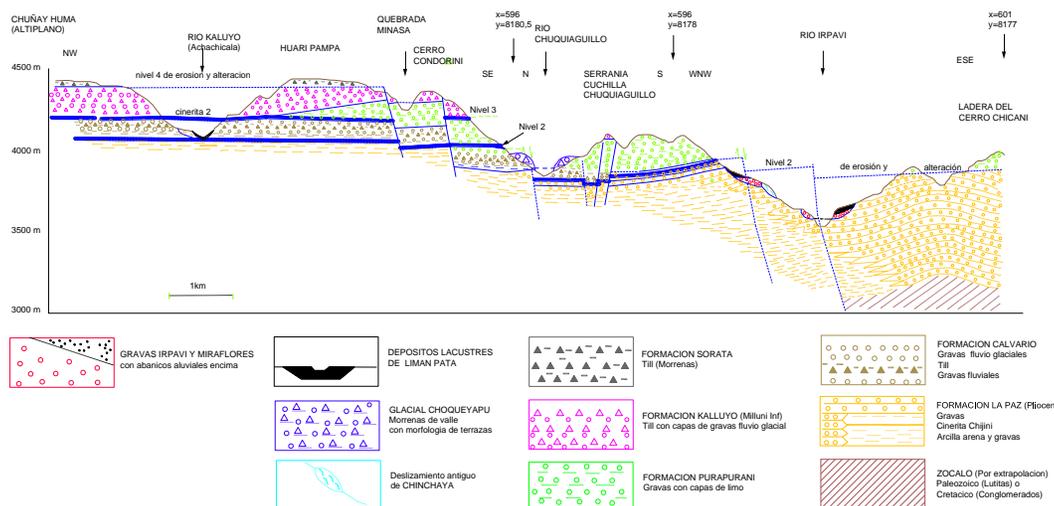


Ilustración 37. Corte Geológico A' - B' del Pliocuatrnario de La Paz. BRGM - BCEOM

En 1987 el Proyecto de Fortalecimiento Municipal PFM, realizo el mapeo de deslizamientos por cuencas en el valle de La Paz dentro del Sub Proyecto Riesgos, identificando Amenazas y Vulnerabilidades, se elaboró planes de trabajo para la mitigación de los riesgos.

En el año 1992 la Dirección de Control Manejo de Cuencas DICOMAC, Preparo el Plan de Prevención y Alertas para el año 1993, de las diferentes cuencas del valle de La Paz. En base una inventariación y actualización del trabajo elaborado por el PFM el año 1987.

Es así que una década después en el año 2003, con la compilación de toda esa información geológica, hidrológica, datos del censo 2001 se han elaborado los Mapas de Amenazas y Vulnerabilidades ponderados y generado el mapa de Riesgos versión 2004 con una precisión de escala 1:50.000

Estos estudios fueron bastante regionales y dado que muchos de los problemas geodinámicos de la ciudad de La Paz se dan a nivel de predio y manzano fue necesario elaborar un nuevo mapa geológico a escala 1:5.000.

2.2 LA PONDERACIÓN DE LAS AMENAZAS GEODINÁMICAS DEL VALLE DE LA PAZ

Las amenazas geodinámicas identificadas a nivel global son las endógenas y las exógenas.

Las amenazas endógenas son los sismos y el vulcanismo.

Las amenazas exógenas son las Remociones en Masa y las Inundaciones.

En La Paz las amenazas identificadas más frecuentes son por Remoción en Masa e inundaciones.

Para la ponderación de las Amenazas del Valle de La Paz, se han elaborado 4 mapas temáticos, siendo el mapa Geológico el más importante, siguiéndolo en importancia el Mapa de Pendientes, y sucesivamente el Mapa Geomorfológico y el Mapa Geotécnico.

2.2.1 MAPA GEOLÓGICO

Para la elaboración de este Mapa se realizó una revisión bibliográfica, identificando los documentos generados por la BRGM BCEM el año 1978 siendo el más importante en esa materia para la correlación de las diferentes unidades Litológicas que conforman el Valle de La Paz.

Así también se realizó una interpretación fotogeológica para lo que se usaron pares estereográficos, que fueron interpretados con la ayuda de Estereoscopios de Espejos.

Las fajas de vuelo utilizadas fueron de distintas décadas del siglo pasado es así que se interpretaron fotos de la década del 30, 50, 60, 80 y 90 y del año 2006.

Para la restitución fotogramétrica y transformar la información de una proyección cónica a una ortogonal se utilizaron las ortofotos del año 1994 con una resolución de 60 centímetros, 2006 con una resolución variable de 0,13 a 2 metros y una imagen de satélite Quick Bird a colores con una resolución de pixel de 2 metros.

La determinación del uso de esta información fue debido a las características de recubrimiento y de resolución. Siendo la mejor la del 2006 en cuanto a resolución y la imagen Quick Bird en relación a la cobertura, siendo la Ortofoto 1994 una intermedia que facilito los trabajos de restitución.

Ya para el trabajo de campo se imprimieron juegos de planos a escala 1:2.500, para el control y mapeo de campo, este trabajo se lo llevo a cabo en unos 12 meses extensivos 2009 - 2010 un 10 % y 10 meses intensivos 2010 – 2011 un 90 %, las correcciones y correlación de la información se llevó a cabo en unos 5 meses, finalizando el trabajo en

unos 24 meses calendario.

Se imprimieron juegos de planos a escala 1:2500, para el control y mapeo de campo, este trabajo se lo llevo a cabo en unos 12 meses extensivos 2009 - 2010 un 10 % y 10 meses intensivos 2010 – 2011 un 90 %.

Una vez concluido el proceso de relevamiento en el Municipio se dio paso a una tercera etapa en la que se correlacionó la información de forma global con trabajo de campo y gabinete, en esta etapa participó el conjunto del grupo de profesionales para uniformizar criterios de descripción de las distintas unidades identificadas, este proceso duró alrededor de 5 meses.

La etapa final para la elaboración de este producto consistió en la digitalización de la misma utilizando el software Arc Gis versión 9.3, herramienta especializada para el manejo de información espacial.

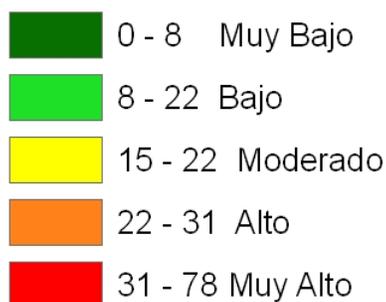
2.2.2 MAPA DE PENDIENTES

El Municipio cuenta con varios levantamientos topográficos del valle de La Paz, el conjunto de trabajos recopilados fue comparado con la Ortofoto del año 2006, después de este proceso de correlación se resolvió utilizar el relevamiento realizado por el IGM del año 2001 con curvas de nivel cada 20 metros, este levantamiento tiene la particularidad de ajustarse muy bien a las formas de erosión muy densa, tal el caso de Huayllani, Plan Autopista y Las Animas.

Sobre esta topografía en formato vector y utilizando herramientas de Arc Gis versión 9.3 se transformó esta información a TIN en formato raster, que es una triangulación irregular de una red para poder obtener un Modelo de Elevación Digital (DEM).

Sobre el Modelo Digital y utilizando herramientas del mismo programa se obtuvo el mapa de pendientes en grados que después fue reclasificado en 5 clases de acuerdo a la siguiente gráfica:

Gráfico N°37 .Niveles de Reclasificación del Mapa de Pendientes (en grados)



2.2.3 MAPA GEOMORFOLÓGICO

El relevamiento de las unidades identificadas en este mapa fue hecho de forma paralela al mapeo realizado en la elaboración del Mapa Geológico, identificando las geoformas y procesos que dieron origen a las mismas.

En la fotointerpretación y restitución se individualizaron las unidades geomorfológicas, en la edición final se discriminaron las unidades geológicas de las unidades geomorfológicas. Ya con el mapa geomorfológico, se elaboró su columna Geomorfológica, al igual que el mapa Geológico se pueden realizar impresiones desde escala 1:500.

Para utilizar esta información en la generación del Mapa de Amenazas, se asignó pesos a cada unidad geomorfológica, del 1 al 5, siendo 1 muy alto, 2 alto, 3 moderado, 4 bajo y 5 muy bajo, esta información en vector fue transformada a formato raster. Igualmente se reclasifico del 1 al 5 con los mismos valores que en el vector.

2.2.4 MAPA GEOTÉCNICO

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz mediante la DEGIR, ha generado una base de datos de geotecnia, esta información que tiene una buena dispersión de información, permitió un análisis geoestadístico, que para un gran porcentaje de la ciudad de La paz es válido, se discrimino alguna información debido a su discrepancia con algunos de los datos de la BRGM – BCEOM que figuran en el Informe Geológico N° 15 “Características Geotécnicas de la cuenca de La Paz”.

Considerando el trabajo citado se procedió sobre el Mapa Geológico, utilizando la información estadística, información de campo, identificando principalmente las aptitudes de los suelos, utilizando herramientas portátiles, analizando su granulometría, su saturación, su plasticidad, su cohesión, su deformación y fracturación, así como su

peligro.

Para utilizar esta información en la generación del Mapa de Amenazas, se asignó pesos a cada unidad geotécnica considerando los parámetros citados en el párrafo arriba descrito, del 1 al 5, siendo 1 muy alto, 2 alto, 3 moderado, 4 bajo y 5 muy bajo, esta información en vector fue transformada a formato raster. Igualmente se reclasifico del 1 al 5 con los mismos valores que en el vector.

2.3 GENERACIÓN DEL MAPA DE AMENAZAS DEL VALLE DE LA PAZ

El Mapa de Amenazas del valle de La Paz fue realizado mediante la ponderación de los procesos geodinámicos endógenos y exógenos.

Dentro de los endógenos se tienen los sismos y volcanismo, si bien existen sismos en el sector, en la actualidad, no hay registros de los mismos con epicentro en la ciudad ni en la proximidad, las escalas registradas son menores a 4 según Richter.

La otra amenaza endógena es la del magmatismo estamos 330 kilómetros al NE del volcán activo más próximo que es el Guallatiri en Chile que está a unos 15 kilómetros al sur de Tambo Quemado.

La Muela del Diablo y las volcanitas de Cohoni corresponden a una actividad volcánica Miocena, ya no activa desde esa fecha en este sitio.

Las amenazas Exógenas son las que corresponden a la remoción en masa (deslizamientos, flujos de barro y derrumbes), en el mapa geológico elaborado se han identificado estas litologías, la otra amenaza es la de las inundaciones, igualmente se ha hecho un análisis hídrico de la red de drenaje de la ciudad de La Paz.

Entonces se ha elaborado el mapa de amenazas relacionado al Proceso de Remoción en masa considerando los siguientes parámetros Geología, Geomorfología, Geotecnia y Pendientes.

Para ponderar la Amenaza se elaboró en Mapa geológico del Valle de La Paz escala 1:1000, sobre esta base se elaboraron el mapa geomorfológico y geotécnico a la misma escala.

Sobre un Modelo de Elevación Digital de 10 metros de pixel se elaboró un mapa de pendientes con un pixel de 10 metros.

Los mapas geológico, geomorfológico y geotécnico se rasterizaron desde la base vector, con un tamaño de pixel de 10 metros.

La amenaza fue ponderada de la siguiente manera, para procesos de Remoción en Masa:

MAPA DE RIESGOS 2011

NUMERO	PARÁMETRO	PORCENTAJES	JUSTIFICACIÓN
1	GEOLOGÍA	40 %	Constituye el mapa base y fue elaborado a una escala de 1:300, para fines de cartografía fue restituida a escala 1:1000. Sobre una restitución fotogramétrica del valle de La Paz del año 2006, con una resolución de 0,13 a 1 metro. Por esa razón tienen ese porcentaje
2	PENDIENTES	30 %	Solamente se dispone de un Modelo de Elevación Digital (DEM) a 10 metros, con las interpolaciones se elaboró un mapa de pendientes a 10 metros. Este plano debería tener una mayor ponderación pero al no disponer de un DEM al metro se le ha dado ese porcentaje.
3	GEOMORFOLOGÍA	20 %	Elaborado sobre el mapa base, dado que la ciudad de la Paz se ha edificado sobre geoformas resultado de procesos y agentes muy actuales. Entonces estas están muy relacionadas, exceptuando aquellas geoformas relacionadas a la erosión que es independiente de la Litología. Por esta razón tiene ese porcentaje.
4	GEOTECNIA	10 %	La aptitud mecánica de los suelos está muy relacionada a litología, aquí se considera su cohesión, plasticidad, permeabilidad y su capacidad portante, por esa situación se le asigno ese porcentaje.

Tabla 2. Ponderación de las variables de Amenaza

$$\text{AMENAZA} = (\text{GEOLOGÍA} \cdot 0.4) + (\text{PENDIENTES} \cdot 0.3) + (\text{GEOMORFOLOGÍA} \cdot 0.2) + (\text{GEOTECNIA} \cdot 0.1)$$

Se pondero en una escala de valores de 5, siendo que:

NUMERO	GRADO DE AMENAZA
1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MODERADO
4	ALTO
5	MUY ALTO

3 MAPA DE VULNERABILIDADES

Uno de los aspectos que es importante relevar al comenzar el análisis es que a través del tiempo el concepto o conceptos de vulnerabilidad social se los ha relacionado directamente con el nivel económico o social de la población, relación que gracias a diversos estudios actuales se ha demostrado que no es del todo real; es por esto que dentro de una visión más holística e integral de análisis y evaluación del problema diversos autores concluyen que la vulnerabilidad social es una relación más compleja que está vinculada a distintos elementos que hacen y conforman un ambiente urbano.

Es así que de manera general debemos entender que este grado de exposición estará determinado por una sumatoria de factores, de diferente origen, naturaleza y características, que si bien en condiciones de “normalidad” pueden mejorar las condiciones de vida de la población, ante su pérdida o mal funcionamiento por una situación adversa se afectara en diversa magnitud y en diversa forma a la dinámica regular de la población.

La identificación, caracterización y evaluación de estas inter-relaciones es el punto de partida que propone la metodología del presente trabajo, en este sentido la integración futura de nuevos elementos o variables será necesaria para poder en una primera instancia comprender e identificar la interdependencia que existe entre la población y los elementos que hacen de este un medio urbano, luego en una segunda evaluar de qué forma y en que magnitud podría ser afectada esta dinámica por un desastre natural.

Esta situación de vulnerabilidad a través del tiempo es una consecuencia de diferentes tipos de fenómenos, económicos, políticos, sociales y culturales, este conjunto de fenómenos sumados a un crecimiento no planificado de la ciudad en muchos sectores de la población han incrementado este grado de exposición.

3.1 MARCO METODOLÓGICO

El marco de la metodológico planteado para este proyecto tiene un enfoque heurístico, se basó en una primera etapa en el conocimiento amplio y solido del Municipio que tiene el equipo de profesionales que participo en la recolección de datos, evaluación y análisis; esta información colectada se traduciría en factores que bajo un análisis y una evaluación integral determinaron una relación (índice) del nivel de vulnerabilidad de la población.

Este modelo heurístico se convierte en una parte del sistema de soporte de decisiones (DSS), que apunta a las decisiones espaciales (**Castellanos y Van Westen, 2003**).

De forma general dentro de este enfoque se puede distinguir dos análisis, el primero que es un mapeo directo de las variables y el segundo que es un mapeo cualitativo, ambos operan en combinación. El mapeo directo se hizo en base a transposición de tablas del INE y la espacialización de las variables. En el análisis posterior, el grupo de trabajo conformado utilizó sus conocimientos para determinar el método de asignación de pesos para cada parámetro de clase dentro de los grupos o factores.

3.2 REFERENCIA GEOGRÁFICA Y ESCALA DE TRABAJO

La escala de trabajo fue de 1:5.000.

El Datum de referencia fue WGS84

Zona 19 sur

3.3 FUENTE DE LA INFORMACIÓN

La recolección de la información tuvo diferentes fuentes; los datos estadísticos de población que corresponden al Censo 2001 provienen del Instituto Nacional de Estadística.

Los datos concernientes a ubicación de servicios fueron proporcionados por la Oficialía Mayor de Desarrollo Humano.

Finalmente otra parte de la cartografía utilizada proviene de la anterior Oficialía da Mayor de Ordenamiento Territorial (2007), además de información generada por el Sistema de Alerta Temprana de la Dirección Especial de Gestión Integral de Riesgos.

3.4 PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Este procedimiento permitirá convertir la información geográfica de los distintos formatos en los que se encuentre (shapes, tablas) a uno que pueda ser utilizado por ILWIS 3.7 O.S. Se propone este software como herramienta para los procesos algebraicos de información espacial por la operabilidad que brinda cada uno de sus scripts, pasos y operaciones además de la ventaja que brinda al ser un software libre.

3.4.1 Homogeneización de cartografía

La cartografía fue homogeneizada e integrada; se confeccionaron capas subfactoriales para todas las variables siguiendo los siguientes criterios generales:

Integración de capas bajo proyección UTM con un Datum WGS84.

3.5 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y BASES DE INFORMACIÓN

Las herramientas de análisis de esta trabajo serán los sistemas de información geográfica Ilwis 3.7 (Open Source) de acceso libre, y Argis 9.3, sistemas especializados que se caracterizan por su capacidad de manejar información geográfica, permitiendo así realizar estudios dirigidos a la gestión de recursos naturales y humanos, la planificación de la gestión urbana y del equipamiento, la cartografía y el control de grandes instalaciones (red telefónica, redes de abastecimiento y evacuación de aguas, redes de transporte, etc.), esta herramienta tecnológica especializada constituye una ayuda para la toma de decisiones.

3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La elaboración de este trabajo contemplo Cuatro etapas.

3.6.1 Primera Etapa – Delimitación del Área de Evaluación (Distritos urbanos)

El trabajo de evaluación fue realizado en los Macrodistrictos urbanos, los cuales son siete; si bien existe un límite municipal establecido, este no coincide en su totalidad con aquellos incluidos como urbanos según el censo del INE 2001, es decir existe una diferencia en el área que cubre los datos del INE con la que pertenece al Municipio. Esta diferencia debe ser entendida y asociada a un proceso de crecimiento e integración espacial que tiene un ambiente urbano como el nuestro con otros municipios colindantes.

El caso del Municipio de La Paz no es aislado, el crecimiento demográfico y la expansión urbana ocasionan que los límites de áreas pobladas (mancha urbana) de diferentes municipios vayan con el tiempo desapareciendo, un proceso conocido como Metropolitización.

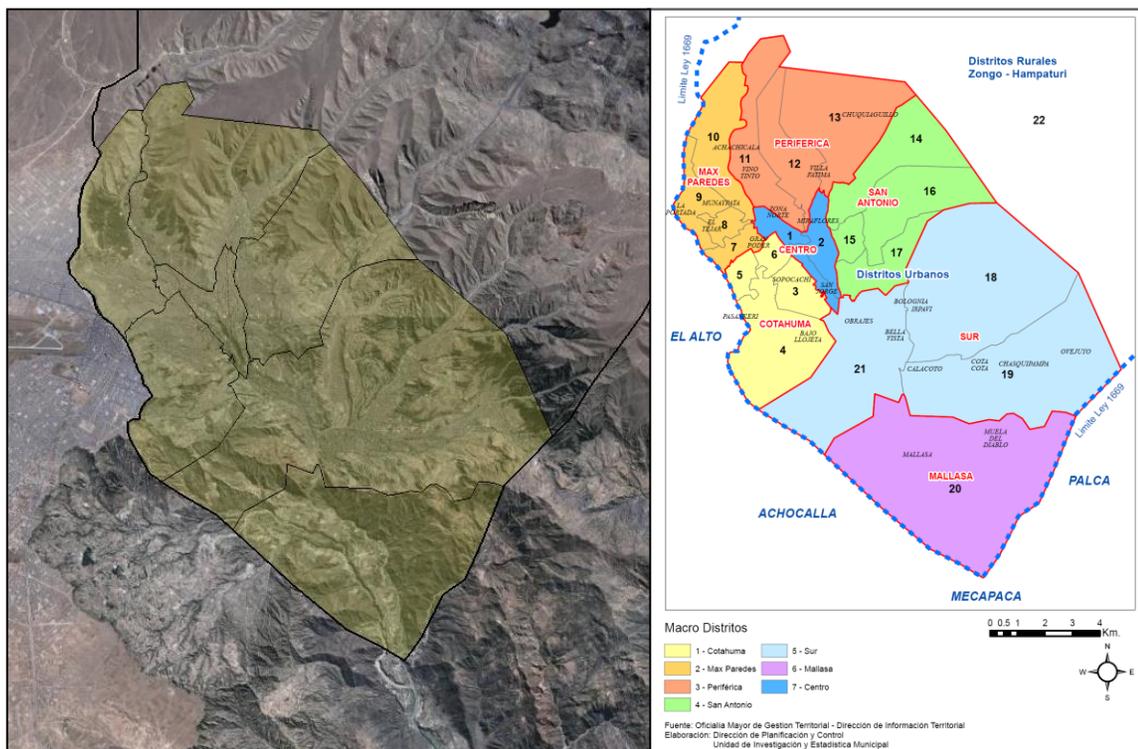


Ilustración 38. Vista área urbanizada del Municipio de La Paz - Macrodistritos urbanos

De esta forma es posible advertir que el límite con el Municipio de Mecapaca, Achocalla y especialmente El Alto, se ha convertido simplemente en un elemento geográfico formal que define jurisdicciones administrativas, pero que de forma práctica las condiciones y características en los linderos son homogéneas.

En sentido de evaluar las características y condiciones de vulnerabilidad de la población es que se tomó como espacio de interacción de las variables el delimitado por las zonas censales delimitadas por el INE en el 2001, ya que la base estadística oficial sobre la cual se basa la información de nuestro municipio es la creada por el Censo.

En la siguiente figura es posible observar las zonas censales que fueron utilizadas en el proceso del 2001 y la relación espacial que tiene la misma respecto al límite del Municipio.

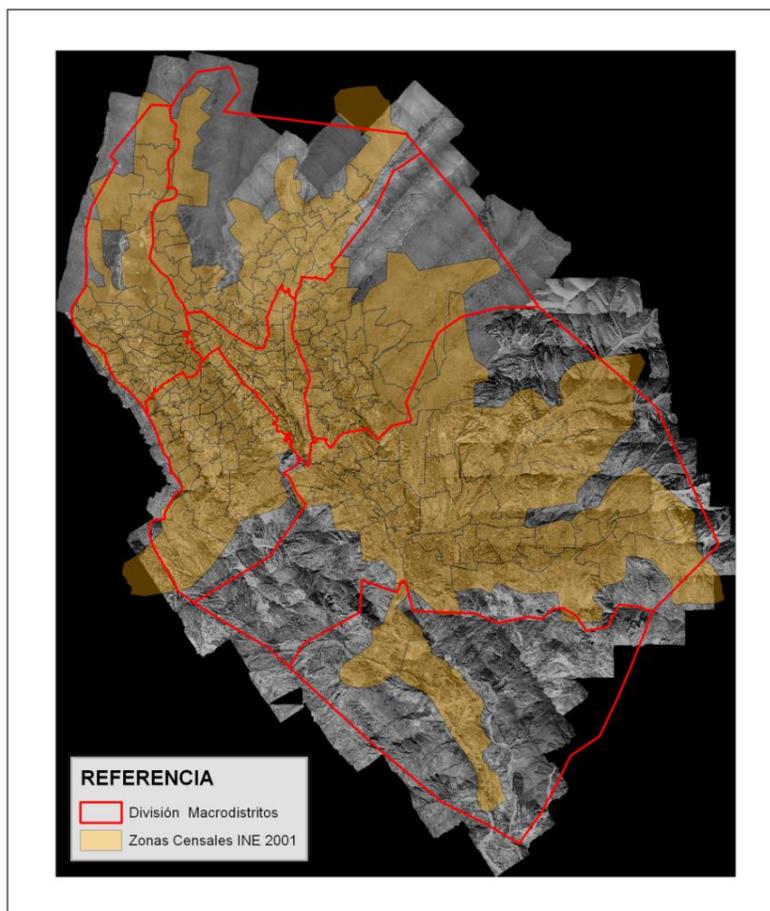


Ilustración 39. Diferencia Macrodistritos vs. Zonas Censales INE

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2 Segunda Etapa – Agrupación sistemática de variables

En esta etapa se elaboró el Mapa Índice de Vulnerabilidad del Municipio de La Paz utilizando la herramienta SMCE, esta herramienta permite a manera de un árbol ir agrupando las distintas variables utilizadas dentro de los cinco ejes previamente definidos los cuales fueron construidos de acuerdo a la información existente disponible y otra que fue posible desarrollarla por el Sistema de Alerta Temprana de la DEGIR.

Los insumos, factores o variables se reagruparon tal como indican las tablas siguientes, los criterios que se utilizaron para crear estos grupos de factores están basados en la caracterización y en la correlación que se hizo entre estos y la interrelación con el elemento central que es la población.

Los recursos o insumos necesarios para el desarrollo del Proyecto fueron:

Eje temático	Capa temática
<i>Cartografía básica</i>	Limites Municipal
	Limite Macrodistrital
	Limite Distrital
	Manzanos (Mancha urbana)

Tabla 3. Cartografía básica

FACTOR	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	SIGNIFICADO DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN
Factores Poblacionales	Genero y Edad	Distribución poblacional por género y por nivele etario.
	Nivel de instrucción	Distribución poblacional por el nivel o grado de instrucción alcanzado al momento de la encuesta.
	Categoría Ocupacional	Distribución de la población por categoría ocupacional (ej. Obreros, trabajadores por cuenta propia, etc.)
	Distribución por tipo de tenencia de Vivienda	Distribución de la población por la forma de tenencia de vivienda (ej. Propia, alquilada, etc.)

Tabla 4. Factor Poblacional

MAPA DE RIESGOS 2011

FACTOR	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	SIGNIFICADO DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN
Factor Físico	Distribución por Características de la Vivienda	Por tipo de Pared, por tipo de Techo, por tipo de Piso.
	Distribución de Servicios Básicos	Por disponibilidad de Electricidad, Por tipo de evacuación de aguas servidas, por disponibilidad de baño wáter o letrina, por modo de uso de servicios sanitarios, provisión de agua potable, distancia a redes de colectores.
	Vías de Acceso	Distancia a Vías de acceso

Tabla 5. Factores Físicos

FACTOR	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	SIGNIFICADO DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN
Factor Económico	Centros de abasto	Distancia a de supermercados, Distancia a Mercados
	Centros Financieros	Distancia a Bancos.

Tabla 6. Factores Económicos

FACTOR	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	SIGNIFICADO DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN
Apoyo y política institucional	Centros de Emergencia	Ubicación Bases de Atención a Emergencias de la DEGIR.

Tabla 7. Factor Apoyo y Política Institucional

FACTOR	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	SIGNIFICADO DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN
Servicios	Estaciones de Bomberos	Distancia a Estaciones de bomberos
	Centros Educativos públicos	Densidad de Centros Educativos Públicos
	Centros policiales	Distancia a Módulos Policiales
	Centros de Salud	Densidad de Centros de Atención medica pública, Centros de Atención Administrados por ONGs Centros de salud Institucionales, Laboratorios Prefecturales, Morgues
	Cementerios	Cementerios Públicos y Privados, Cementerios Clandestinos
	Cobertura de Transporte Publico	Rutas de Micros, Rutas de Minibuses, rutas de Trufis.

Tabla 8. Factor Apoyo y Política Institucional

3.6.3 Tercera Etapa – Estandarización y Ponderación de variables.

En esta etapa de estandarización y ponderación trabajó un equipo multidisciplinario, para poder definir los mejores criterios, especialmente en la asignación de pesos.

En la estandarización se tomó en cuenta el tipo de variable y la consideración que se debía hacer sobre la utilización de toda la serie de valores de cada una o es que se hacía necesario limitar los valores con un nivel de incidencia en los valores de algunas de ellas.

En el proceso de ponderación o asignación de pesos dentro de la herramienta SMCE se utilizó dos métodos, uno es el Método de Orden Jerárquico (Rank Order) y otro es el Método de asignación directa.

La utilización de uno u otro método estuvo basada en el análisis del número de clases para cada grupo, subfactor y factor; tomando en cuenta que el método de Orden jerárquico no es viable para más de 6 niveles.

3.7 Descripción del Método Ponderación por Orden de Jerarquía

El conjunto de pesos de un problema con tres criterios (c_1, c_2, c_3) que no son negativos y se suman se representa como un triángulo ABC en la Ilustración 40. Si el criterio C1 es más importante que criterio C2 y C2 criterio es más importante que el criterio C3, entonces el conjunto de pesos factible S es igual a la ADE del triángulo sombreado en la Ilustración 40. Esto demuestra que la información contenida en el análisis de jerarquización es importante. Desde el conjunto de pesos que no son negativos y sumaran 1. (Extraído de Ilwis Help, traducción R. Porcel)

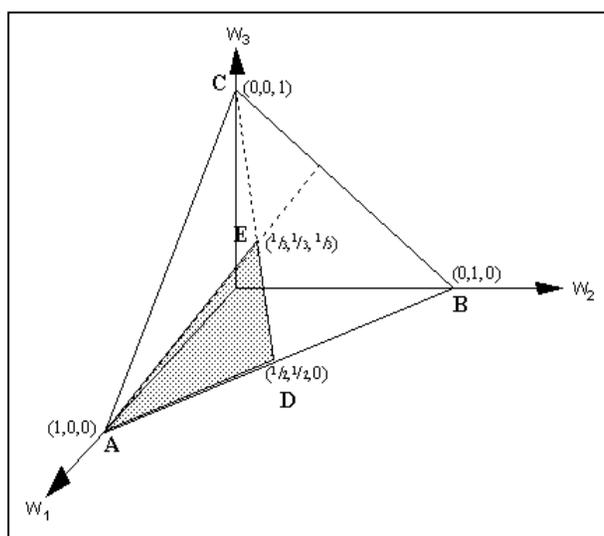


Ilustración 40. Grafico descriptivo

Fuente: Extraído de Ilwis Help

Este método calcula el peso, w_k , para el criterio k según la Fórmula 1, donde n es el número de criterios. Una vez más, los pesos en forma el orden de los criterios definidos por el conjunto S, lo que significa que $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n$.

$$w_k = \frac{n+1-k}{\sum_{i=1}^n (n+1-i)}$$

Ecuación 1

Siguiendo esta fórmula la asignación de pesos según el número de clases será de acuerdo a la siguiente tabla:

Number of criteria	Criterion weights using rank sum method.						
	<u>N</u>	<u>w1</u>	<u>w2</u>	<u>w3</u>	<u>w4</u>	<u>w5</u>	<u>w6</u>
2		0.66	0.33				
3		0.50	0.33	0.17			
4		0.40	0.30	0.20	0.10		
5		0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6		0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Tabla 9. Pesos por número de variables

3.8 Método Directo de asignación de pesos

Estos factores fueron incorporados sistemáticamente dentro del árbol de evaluación de la herramienta siguiendo los siguientes criterios para cada factor y subfactor:

3.8.1 Factor Poblacional

Este factor fue incorporado al árbol de análisis de acuerdo a como muestra la figura No 5:

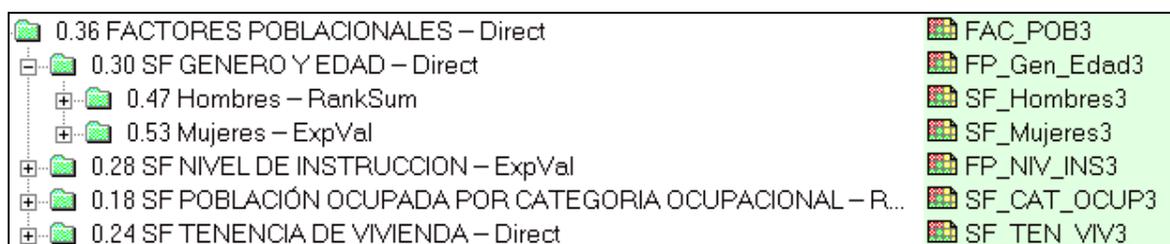


Ilustración 41. Árbol de Criterios - SMCE ILWIS OS

Fuente: Elaboración Propia

3.8.1.1 Género y Edad

Para el primer subfactor Género y Edad se especializaron las tablas de la población dada por el Censo 2001, separando a la población por género, la ponderación que se hizo fue en consideración simple a la representación en porcentaje que representa cada uno en relación con el universo de población. La siguiente clasificación se hizo por grupos etarios quinquenales, misma agrupación que toma el INE en la presentación de resultados. Para ambos géneros se aplicó una escala de nivel de vulnerabilidad basada en la edad haciendo una consideración básica de que los niños y adultos mayores tienden a ser más

vulnerables ante una posible situación de desastre, ej.:

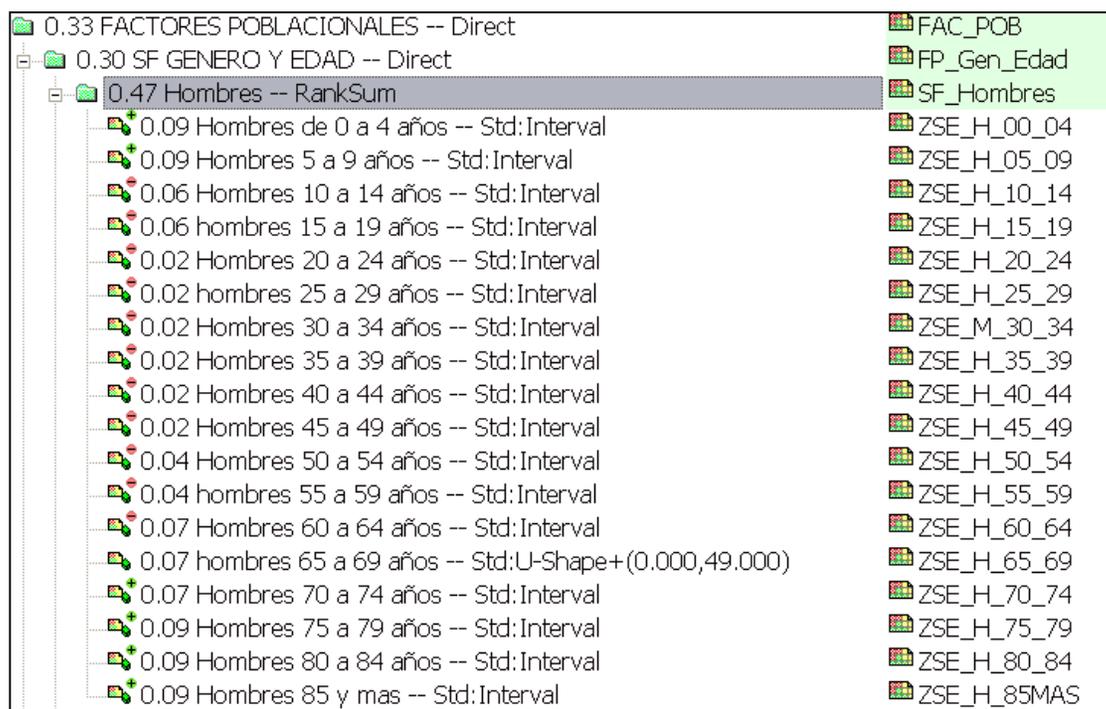


Ilustración 42. Esquema de Análisis Detalle de incorporación por nivel etario

Fuente: Elaboración Propia

Los niños que van de 0 a 9 años y adultos mayores a 65 años fueron considerados como sectores de la población mas vulnerables ante una condición adversa, en el mismo sentido aquellos comprendidos entre los 10 y 59 años son el grupo que se considera menos vulnerable ante este tipo de situación, se consideró además un nivel de transición que va de los 60 a 65 años.

3.8.1.2 Nivel de Instrucción

Para este otro subfactor se tomaron como datos de entrada las tablas procesadas por el INE (Censo 2001) donde se clasifico a la población de acuerdo a detalle de categorías plantadas por la mencionada Insitución:

0.28 SF NIVEL DE INSTRUCCION – ExpVal		FP_NIV_INS3
0.01 Estudios Pre escolar – Std:Interval		ZGI_PreEscolar
0.03 Estudios Escolar Primaria completa – Std:Interval		ZGI_PrimComp
0.01 Estudios escolar Primaria incompleta – Std:Interval		ZGI_PrimIncomp
0.05 Educación secundaria completa – Std:Interval		ZGI_SecComp
0.03 Educacion Secundaria incompleta – Std:Interval		ZGI_SecIncomp
0.15 Estudios tecnicos completos – Std:Interval		ZGI_TecComp
0.05 Estudios tecnicos incompletos – Std:Interval		ZGI_TechIncomp
0.15 Estudios Militares Completos – Std:Interval		ZGI_MilComp
0.08 Estudios Militares Incompletos – Std:Interval		ZGI_LicIncomp
0.15 Estudios en Normal completos – Std:Interval		ZGI_NormComp
0.05 Estudios en Normal Incompletos – Std:Interval		ZGI_NormIncomp
0.15 Estudios Licenciatura completa – Std:Interval		ZGI_LicComp
0.08 Estudios Licenciatura incompleta – Std:Interval		ZGI_LicIncomp
0.01 Estudios Ninguno – Std:Interval		ZGI_Ninguno

Ilustración 43. Esquema de Análisis

Fuente: Elaboración Propia

De cada una de estas categorías se considero que suman al nivel de vulnerabilidad aquellos grados iniciales hasta la secundaria completa y todos los demas grados incompletos de estudio, en este mismo sentido se entendio que aquellas clases de profesionalización que fueron completadas son un factor que puede reducir el nivel de vulnerabilidad ante un evento adverso.

3.8.1.3 Población Ocupada por Categoría Ocupacional

Dentro de este factor se considero que todas las personas que desarrollan algun tipo de actividad economica remunerada tienen una ventaja en contraposición a aquellas que no la perciben incluyendose a aquellas que dearrrollan su actividad dentro del hogar.

0.18 SF POBLACIÓN OCUPADA POR CATEGORÍA OCUPACIONAL – R...		SF_CAT_OCUP3
0.05 Categoría Obreros o Empleado – Std:Interval		ZCO_ObrEmp
0.19 Categoría Trabajadores por cuenta propia – Std:Interval		ZCO_TrabCProp
0.12 Categoría Patron o Socio – Std:Interval		ZCO_PatSoc
0.12 Categoría Cooperativistas – Std:Interval		ZCO_Cooperativ
0.26 Categoría Trbajo Familiar Sin remuneración – Std:Interval		ZCO_TrabFamSR
0.26 Sin Especificar – Std:Interval		ZAE6_Sinesp

Ilustración 44. Esquema de Análisis – SF Población Ocupada por Categoría. Ocupacional

Fuente: Elaboración Propia

3.8.1.4 Tenencia de la Vivienda

Dentro de este factor se considero que ante un evento adverso los nucleos poblacionales menos afectados serian aquellos que viven en una vivienda alquilada, prestada o cedida por algun tipo de servicio, esto en razon a que al existir un apercudidad parcial o total de inmueble no seria derictamente afectada, pese a que pudiese exsistir una perdida de enseres y articulos personales, por el contrario esta posible perdida del inmueble afecta directamente a los propietarios y anticresistas, los segundos al perderse la vivienda perderian el patrimonio de la persona o familia y al no existir una figura legal que defina la condiciones de la devolucion total o parcial del monto entregado en calidad de anticretico esta perdida significaria el total de su patrimonio destinado a vivienda.

0.24 SF TENENCIA DE VIVIENDA – Direct	SF_TEN_VIV3
0.27 Vivienda Propia – Std:Interval	ZTen_Propia
0.03 Vivienda en alquiler – Std:Interval	ZTen_Alquilada
0.25 Vivienda en aticretico – Std:Interval	ZTen_ContAntic
0.15 Vivien con contrato mixto – Std:Interval	ZTen_ContMix
0.06 Vivienda cedida por servicios – Std:Goal(0.000,71.000)	ZTen_Cedida
0.06 Prestada por parientes – Std:Interval	ZTen_Prestparie...
0.17 Otras condicones – Std:Interval	ZTen_Otros

Ilustración 45. Esquema de Análisis – SF Tenencia de Vivienda

Fuente: Elaboración Propia

3.8.2 Factores Físicos

Dentro de este eje se consideró a aquellos subfactores dirigidos a las condiciones de la vivienda de la población, estas condiciones se agruparon bajo tres subgrupos, el primero que refiere al material de la vivienda, el segundo a los servicios básicos con los que cuenta y el tercero a la densidad de vías acceso que existe en cada zona censal.

3.8.2.1 Estructura de la Vivienda

La pregunta central para la ponderación que se planteó para este eje fue ¿Cuál es la posibilidad de que falle en su función ante un evento adverso?, adicionalmente al análisis de cada subfactor se plantearon algunas otras preguntas detalladas a continuación.

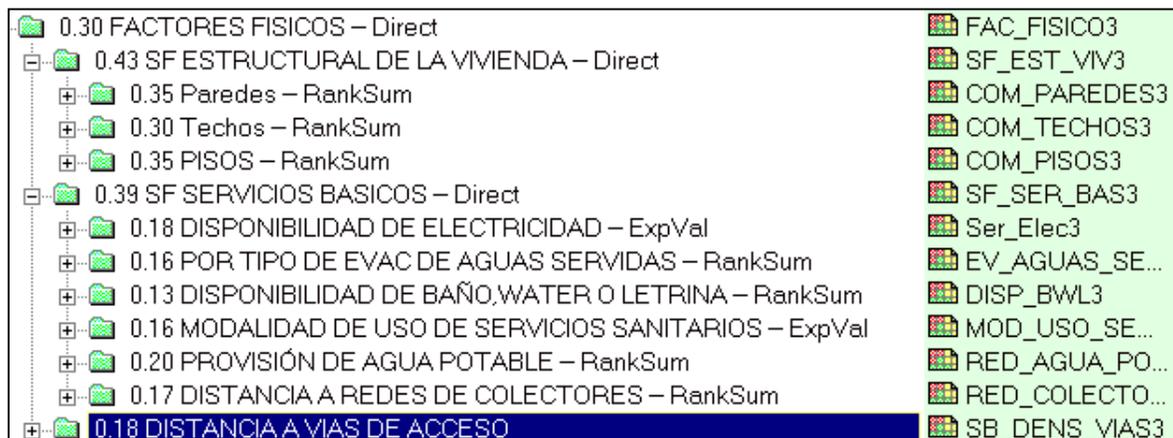


Ilustración 46. Esquema de Análisis - Factores Físicos

Fuente: Elaboración Propia

Método de ponderación: Rank Ordering

Dentro el subfactor dirigido a evaluar las condiciones propias de la vivienda se tomaron tres elementos constructivos básicos que son paredes, techos y pisos; a partir de esta división se los clasifico por el tipo de material que refiere cada uno de ellos según las clases establecidas por el INE.

En el caso del tipo de “paredes” se consideró que si estas construidas con ladrillo, hormigón y piedra estos dos tipos de materiales reducen la posibilidad de fallar en caso de un evento adverso, por el contrario materiales como el adobe, madera incrementan las posibilidades de fallar.

Para el caso de “techos” además de tomar la posibilidad de falla se tomó en cuenta la posibilidad de reutilización que puede existir de la calamina o de la teja.

Para “pisos” además de considerar su posible reutilización se tomó en cuenta el bajo costo que tienen algunas de las clases consideradas como es el caso de los pisos de ladrillo o de tierra.

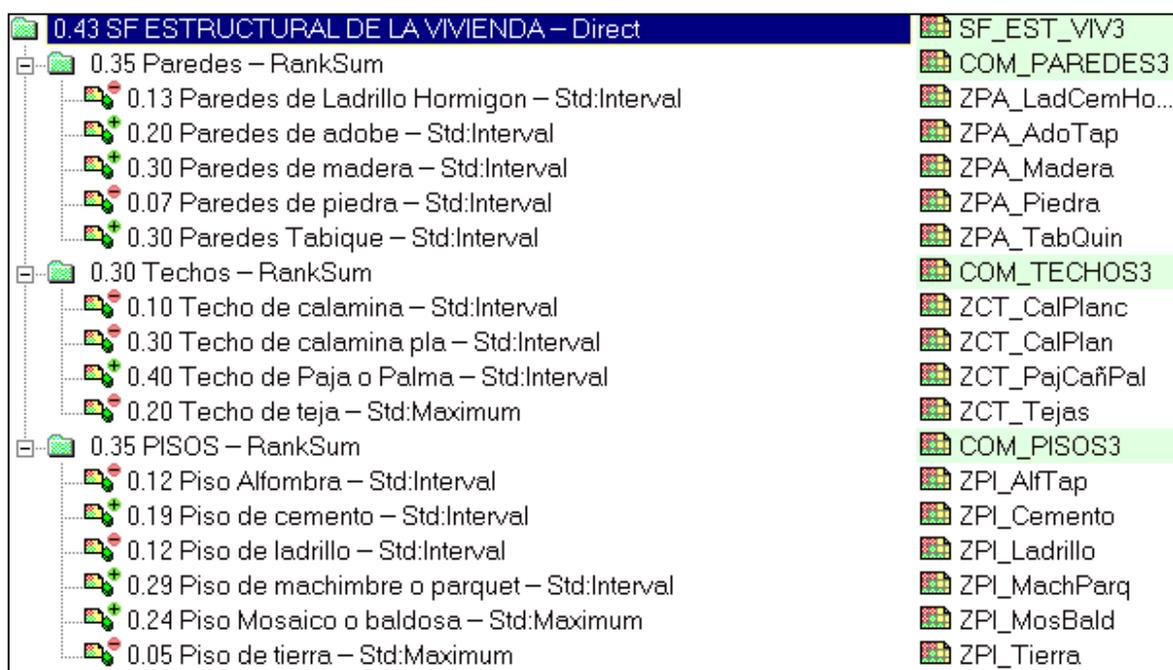


Ilustración 47. Esquema de Análisis - SF Estructural de la Vivienda

Fuente: Elaboración Propia

3.8.3 Servicios Básicos

Para este subfactor se tomaron en cuenta seis grupos de los cuales se pudo conseguir la información suficiente, Disponibilidad de electricidad, Tipo de evacuación de aguas Servidas, Disponibilidad de Baño o Letrina y Modo de Uso de Servicios Sanitarios fue información extraída del Censo 2001; Provisión de Agua Potable y Distancia a Redes de Colectores fueron variables tomadas de información proporcionada al Municipio por Aguas del Illimani el año 2005.

Para el grupo de “Disponibilidad de Electricidad” se diferenció a aquellas personas que sí poseen el servicio, considerando esto como un elemento que reduce su condición de vulnerabilidad, en el mismo sentido se consideró que aquellas que están conectados a una red de alcantarillado son menos vulnerables.

Para la Provisión de Agua Potable se hizo una inferencia por distancia, es decir, poniendo un rango de 500 mts para la red primaria y 300 mts. para la red secundaria.

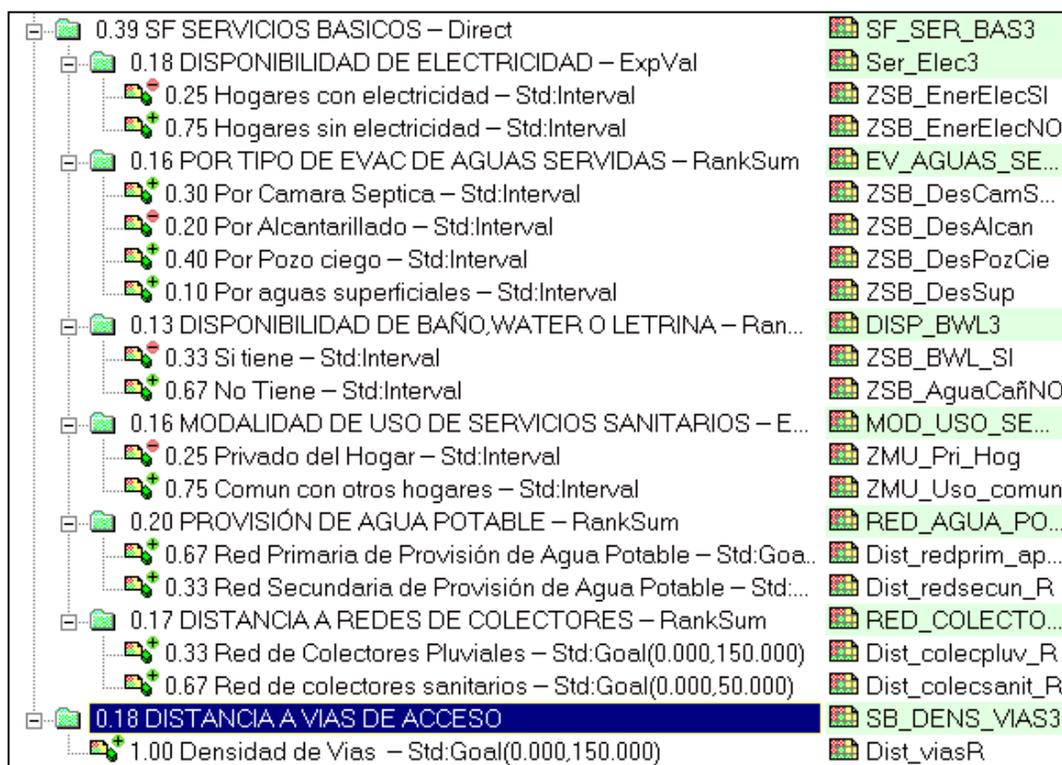


Ilustración 48. Esquema de Análisis – SF Servicios Básicos

Fuente: Elaboración Propia

3.8.4 Factor Económico

Dentro de este factor se consideraron dos elementos de la dinámica económica poblacional que son los Centros de Abasto y Bancos.

La consideración de estos elementos es que un área poblacional estará menos vulnerable si tiene centros de aprovisionamiento cercanos, y si puede acceder a algún servicio bancario (retiros de dinero, recepción de giros) frente a posibles eventos adversos que alteren la normalidad de sus actividades.

Las dos razones fundamentales por las que los usuarios acuden a una agencia bancaria o financiera son la “cercanía a su casa” y “la cercanía al centro de trabajo”. (MBS Consulting, 2011)

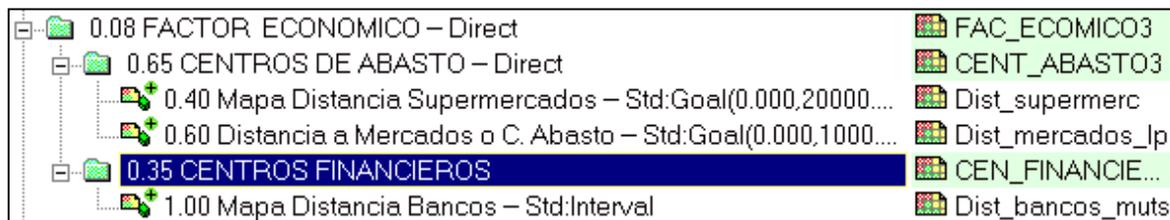


Ilustración 49. Esquema de Análisis – Factor Económico

Fuente: Elaboración Propia

3.8.5 Factor Apoyo Institucional

Dentro de este Factor se consideró la disposición de las Bases de Atención a emergencias que posee la DEGIR, estas bases cuentan con la capacidad suficiente especialmente en época de lluvias de atender y cubrir los requerimientos de la población de todo el municipio.

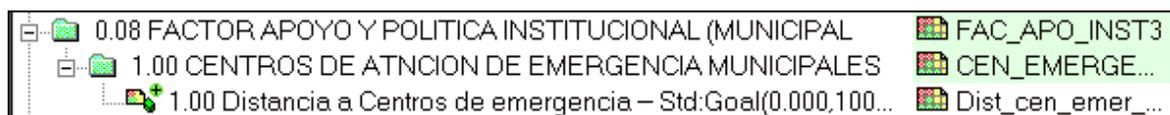


Ilustración 50. Árbol de Criterios – Factor Apoyo Institucional

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6 Factor Elementos esenciales

Dentro de este eje se consideraron aquellos elementos que complementan y caracterizan el entorno urbano, son los elementos complementarios a los servicios básicos que permiten interaccionar a los miembros de la sociedad y que deben garantizar su seguridad.

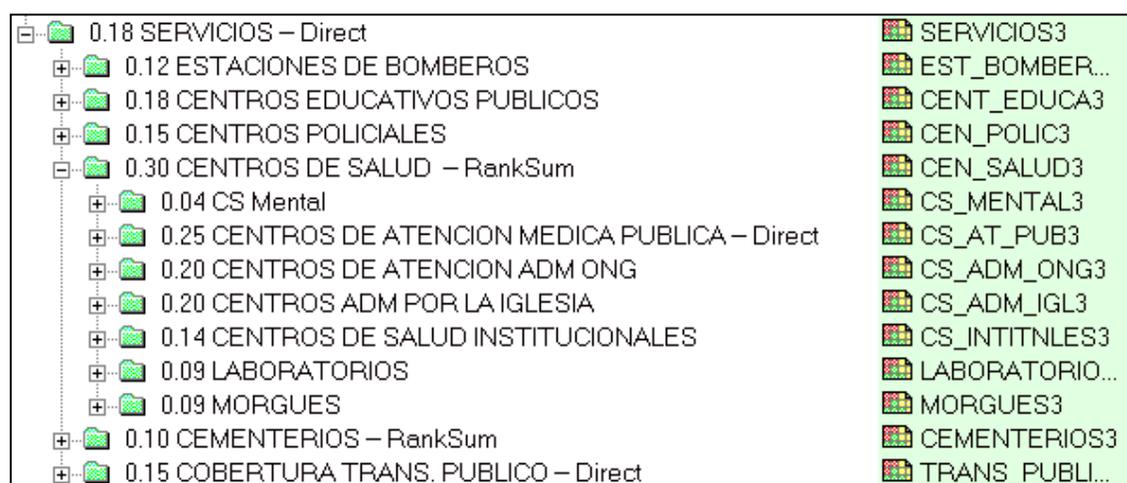


Ilustración 51. Esquema de Análisis - Servicios

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6.1 Est. Bomberos, C. Educativos, Centros Policiales

Para estos tres primeros subfactores se espacializó su ubicación y en base un análisis de distancia se trabajó su grado de influencia, es decir para las estaciones de bomberos se consideró su acción a nivel de todo el municipio. El criterio tomado para los Centros Educativos es que estos pueden y han funcionado como albergues transitorios para damnificados en diferentes ocasiones; si bien no existe un convenio o política definida con las instancias que administran estos establecimientos, estos centros han sido muy útiles en el trabajo de ayuda y hospedaje a sectores de la población afectados.

En el caso de los módulos policiales hecho el análisis de las condiciones en las que funcionan los mismos se consideró un radio de acción de hasta 3000 mts., distancia que puede variar de un módulo a otro por las características heterogéneas que tienen, en muchos si disponen vehículos o motocicletas y en otros el desplazamiento de efectivos es solo a pie.

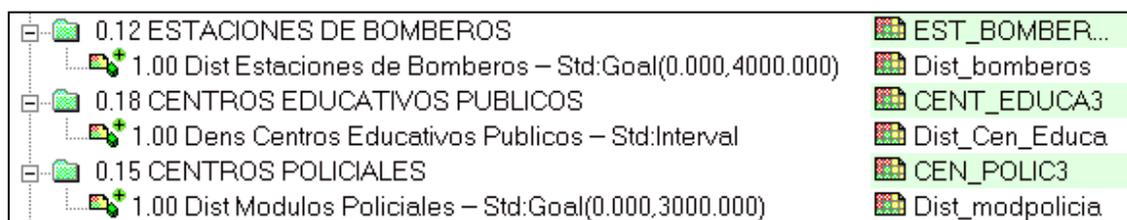


Ilustración 52. Esquema de Análisis

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6.2 Centros de Salud

En referencia a los centros de salud se tomaron en cuenta los archivos elaborados por el Dr. Hardy, quien mapeo y caracterizo los Centros de Salud en el Municipio, en base a este trabajo se clasifco los mismos en cinco grupos de atención directa y dos servicio indirecto; a los de atención directa se los clasifco a su vez por el tipo de administración y accesibilidad a la población de acuerdo al siguiente esquema:

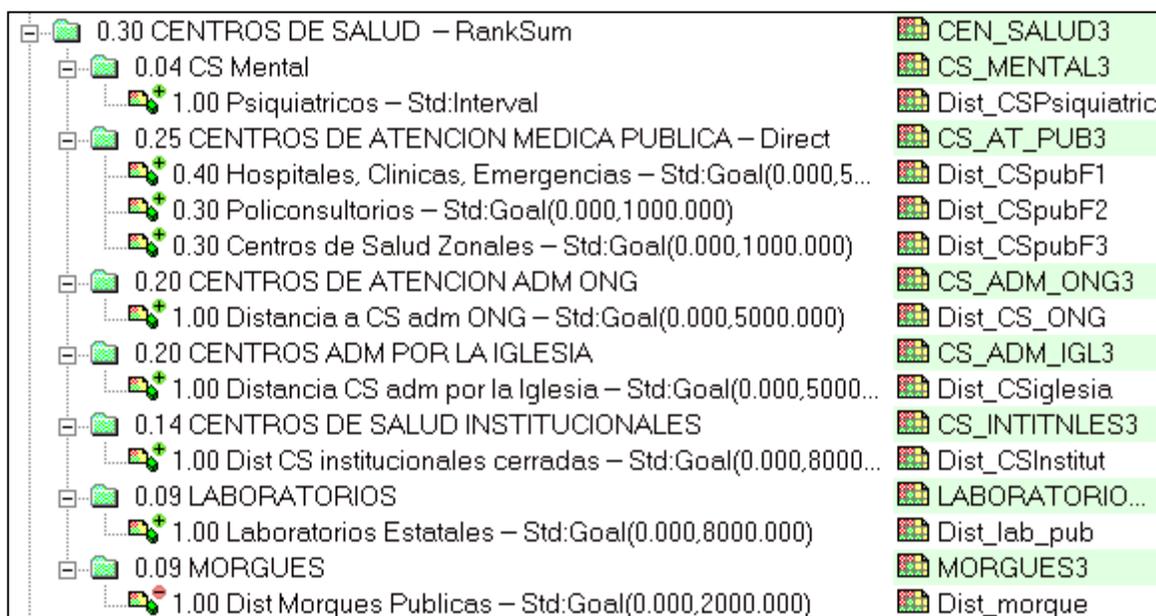


Ilustración 53. Esquema de Análisis – GR Centros de Salud

Fuente: Elaboración Propia

Los Centros de Salud Mental se separaron en un grupo individual por el tipo de atención especializada que brindan.

Los Centros de Atención Médica Pública se dividieron en tres grupos por el nivel y/o capacidad de atención que pudieran estos brindar, considerando tres clases, la primera que engloba hospitales, clínicas y servicio de emergencia, que son las instalaciones donde la población acude de forma masiva y que pueden brindar atención especializada.

Los Policonsultorios son centros de capacidad más reducida pero que ofrecen atención especializada en algunas especialidades.

Los Centros de Salud son entidades con capacidad de atención reducida y están más dirigidos a atender casos más simples, en gran parte son más de tipo ambulatorio.

Método de ponderación: Rank ordering

3.8.6.3 Cementerios

Sobre este relevamiento de información se clasifico al total en dos grupos por un factor de legalidad, considerando que aquellos que son legales en un caso de desastre en el que puedan ser afectados existe una empresa o institución que será responsable de reparar o subsanar los posibles daños causados por el fenómeno adverso, además de velar por todo posible efecto de contaminación.

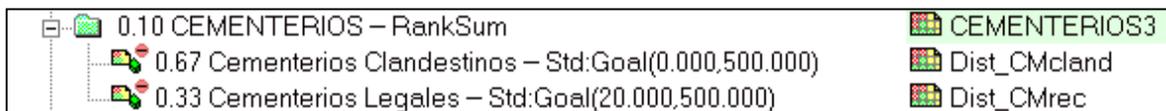


Ilustración 54. Esquema de Análisis - Cementerios

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente se hizo una inferencia de distancia para ambas clases, en el caso de los clandestinos se tomó una distancia o perímetro de 500 mts. y para los Legales una que de los 20 a 500 mts.

Método de ponderación: Rank ordering

3.8.6.4 Cobertura del Transporte Público

Gracias al trabajo realizado por la Unidad de Trafico y Vialidad del GAMLP se incluyó la información correspondiente a la cobertura del transporte público, de esta información se obtuvieron tres clases las cuales se diferencian por el tipo de vehículo que utiliza cada línea y que además está asociado a un costo o tarifa.

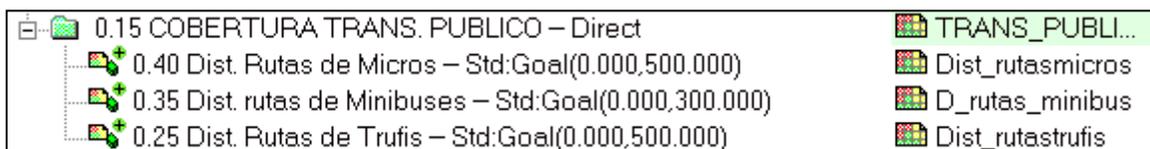


Ilustración 55. Cobertura de Transporte Público

Fuente: Elaboración Propia

Método de ponderación: Directo

3.9 Cuarta Etapa –Reclasificación de unidades por Grado de Vulnerabilidad

Este proceso consta de hacer una reclasificación o agrupación de los valores para hacer más visual y comprensible el producto final para el usuario transportando estos valores cuantitativos a un criterio cualitativo, esta agrupación de los valores del Mapa Índice se la hace en base a los datos estadísticos extraídos del histograma; sobre el análisis de estos valores se elaboró la tabla de umbrales para la reclasificación.

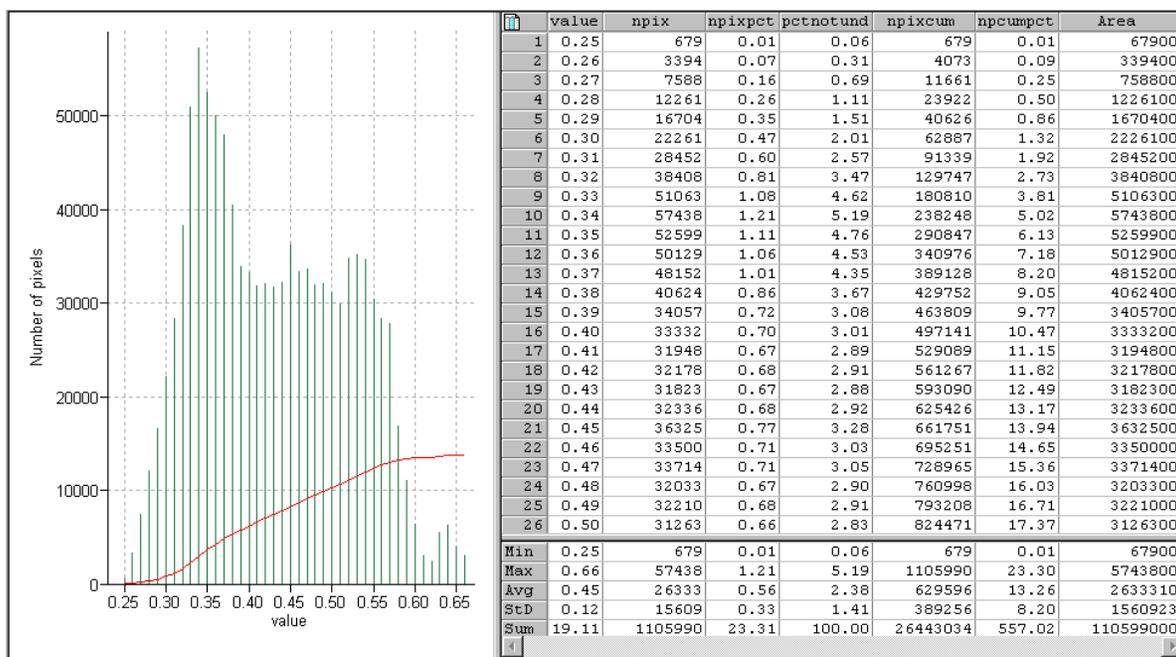


Ilustración 56. Histograma Mapa Índice de Vulnerabilidad

Del histograma anterior se obtiene la siguiente tabla resumen:

INDICADOR	VALOR
Valor Mínimo	0.25
Valor Máximo	0.66
Promedio	0.45
Mediana	0.42

Tabla 10. Tabla Resumen de Indicadores

Para la transposición a grados cualitativos se utilizaron cinco clases:

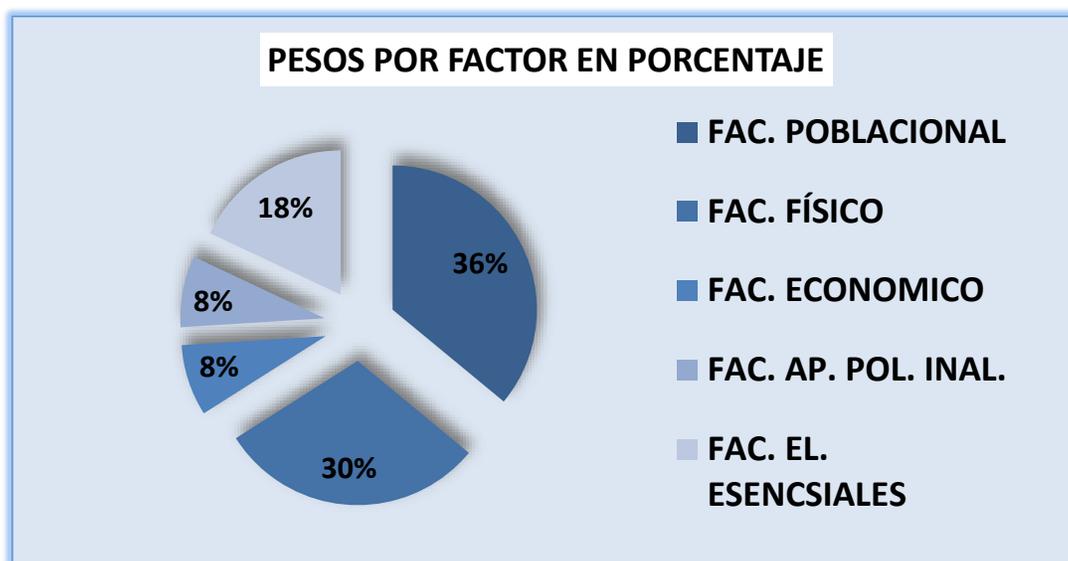
Grado	Color
Muy Bajo	Verde oscuro
Bajo	Verde Claro
Moderado	Amarillo
Alto	Naranja
Muy Alto	Rojo

Tabla 11. GRADOS CUALITATIVOS

Aplicada la función Slicing del software ILWIS según los valores estimados para cada una de las clases se obtuvo el Mapa de Vulnerabilidad Reclasificado

3.10 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta etapa del trabajo se analizó primeramente los resultados por grupo, luego por subfactor y por Factor, para determinar la coherencia de cada uno de ellos antes de calcular el producto final, es así que después del proceso de modelamiento los porcentajes de peso para cada factor son los que se aprecian en el grafico siguiente:



3.10.1 Productos Obtenidos

Los productos parciales resultado de los cinco ejes principales planteados fueron:

- Mapa de Vulnerabilidad - Factor Poblacional
- Mapa de Vulnerabilidad - Factor Físico
- Mapa de Vulnerabilidad - Apoyo Institucional
- Mapa de Vulnerabilidad - Factor Económico
- Mapa de Vulnerabilidad - Factor Servicios

Los productos finales son:

- Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica
- Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica – Reclasificado

3.11 Descripción de los Productos Obtenidos

3.11.1 Mapa de Vulnerabilidad - Factor Poblacional

De acuerdo al resultado obtenido se puede mencionar que:

- La concentración de población más vulnerable se encuentra ubicada en la zona de Irpavi Bajo, Ciudadela Stronguista y parte de Vino Tinto.
- Existe un mayor nivel de vulnerabilidad en las laderas de la ciudad con respecto al centro de la urbe.
- Las zonas con un menor índice son las zonas de Koani, Achumani y Sopocachi.

3.11.2 Mapa de Vulnerabilidad - Factor Físico

De acuerdo al resultado obtenido se puede mencionar que:

- Las zonas más vulnerables según este Factor son las que están en áreas perimetrales del municipio, especialmente al Oeste de la zona de Inca LLojeta y al Este de Chasquipampa hacia Ovejuyo.
- Las zonas que tienen un nivel medio alto son Mallasa, Valle de las Flores, Primavera, Limanipata e Inca LLojeta.
- Las zonas que muestran un nivel más bajo son Sopocachi, Koani, Achumani y Calacoto.

3.11.3 Mapa de Vulnerabilidad - Apoyo Institucional

De acuerdo al producto obtenido se puede mencionar que:

- Las áreas más vulnerables de acuerdo a este factor son las que están más alejadas de las bases definidas por DEGIR, esto es explicable ya solo se consideró este factor sobre un análisis de distancia. Bajo este criterio los sectores de Mallasa, y Chasquipampa hacia el Este serían las más vulnerables.

3.11.4 Mapa de Vulnerabilidad - Factor Económico

De acuerdo al producto obtenido se puede mencionar que:

- Las zonas más vulnerables son Mallasa, Ciudadela Stronguista, Kellumani, Chuquiaguillo, Limanipata y el área que se encuentra al sur oeste de Incallojeta.
- Las zonas con un nivel moderado son las que están ubicadas en la ladera oeste, Chasquipampa, Ovejuyo, Tembladerani y Alto Achumani.
- Las zonas con nivel más bajo, es decir con mejor cobertura de este tipo de elementos de dinámica económica son la Central, Miraflores, Sopocachi, Obrajes y S san Miguel.

3.11.5 Mapa de Vulnerabilidad - Factor Servicios

De acuerdo al producto obtenido se puede mencionar que:

- Las zonas que tienen un mayor índice de vulnerabilidad son las que están de manera general al sur partiendo de Obrajes hasta Lipari hacia el sur, Kellumani y Chasquipampa al Este, al norte Limanipata y Chuquiaguillo.
- Las zonas con un nivel moderado son las que se encuentran en la ladera oeste, Villa Copacabana y villa Victoria,
- El área con un nivel bajo es la que incluye el Centro, Sopocachi, San Pedro y Miraflores.

3.11.6 Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica

De acuerdo al producto obtenido se puede mencionar que:

- El área con un índice bajo es la que se encuentra en el Centro de la ciudad desde la zona San Sebastián, San Pedro, Sopocachi y parte de Miraflores.
- Las que muestran un valor medio son la ladera Oeste, Villa Copacabana, parte de Calacoto y Achumani Bajo.
- Las zonas con índice más alto de vulnerabilidad son Limanipata, Kellumani, Jupapina, la parte alta de Chasquipampa y Ovejuyo.

3.11.7 Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica - Reclasificado

Utilizando el Mapa Índice de Vulnerabilidad, se reagruparon los valores en cinco clases o niveles, esto con el objeto de hacer más visual los niveles de vulnerabilidad.

Del histograma del Mapa Reclasificado se obtiene la siguiente grafica

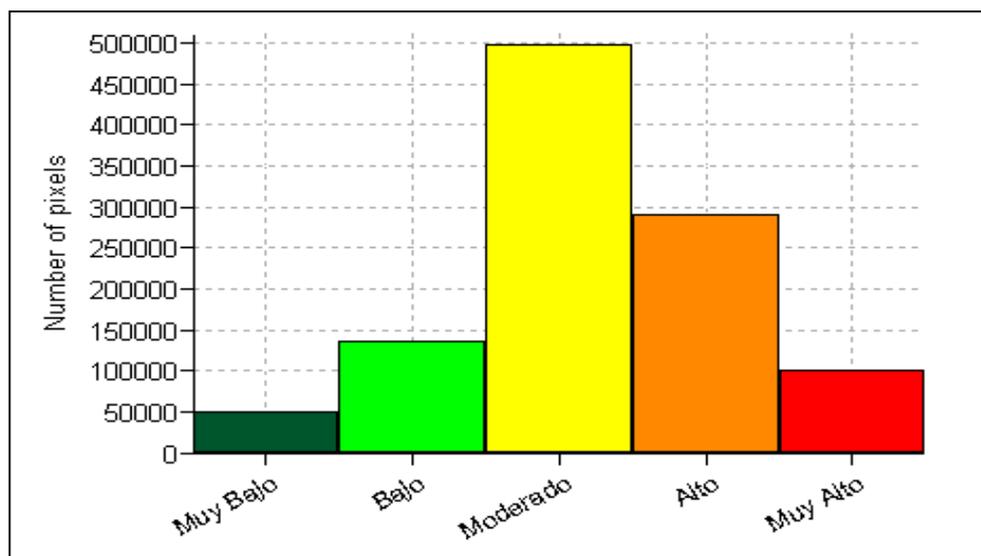


Ilustración 57. Comparativo por grados (Num de pixeles)

- Las zonas con un nivel muy alto de vulnerabilidad se encuentran en la periferia del área de estudio.
- Las zonas con un nivel alto son Mallasa, Ciudadela S2tronguista, la parte alta de Chasquipampa, Callapa, Sta Rosa de Callapa y Stima. Trinidad.
- Las zonas con un grado moderado son Achachiala, Vino Tinto, Pura Pura, Bajo Llojeta, Calacoto, Cota Cota, Chasquipampa e Irpavi.
- Las zonas con grado “Bajo” son parte de Achumani, Obrajes, Tembladerani, Miraflores bajo, Gran Poder, Vila Copacabana y Villa Fátima
- Las zonas con un nivel “Muy Bajo” son Sopocachi, Santa Barbara, San Sebastian, todo el casco Central y parte de San Pedro.

La siguiente tabla muestra la relación por área y porcentaje.

GRADO	Sup m2	%	ha.
Muy Bajo	6.235.189,92	5,64	508,672474
Bajo	17.690.010,66	16,00	1390,24983
Moderado	38.588.705,88	34,90	5137,86816
Alto	29.965.585,63	27,10	3001,09752
Muy Alto	18.077.789,38	16,35	1037,52202
TOTAL	110.557.281,47	100,00	11075,41

Tabla 12. Relación de Grados por Superficie y Porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

4 MAPA DE RIESGOS

El Mapa de Riesgos determinará áreas geográficas donde existe la posibilidad de que en ella ocurran daños a causa de eventos adversos, se basa en las características naturales del terreno como: topografía, geología, fallas geológicas activas, condiciones geomecánicas del suelo tomando en cuenta el sistema al que estaría afectando, sistema que puede ser social, político o económico; el objeto de identificar dicha relación de probabilidad versus sistema afectado permitirá programar las medidas de protección adecuadas, por otro lado será una base para reglamentar los usos de las distintas áreas geográficas de acuerdo al nivel de riesgo que represente. Es un instrumento importante para el ordenamiento territorial y así garantizar su sostenibilidad en el tiempo.

4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL RIESGO

4.1.1 Dinámico y Cambiante

El riesgo es producto de factores de amenaza con factores de vulnerabilidad, siendo ambos dinámicos y cambiantes en el tiempo, por ello el riesgo tiene el mismo comportamiento dinámico y cambiante respecto al tiempo.

4.1.2 Diferente Percepción Del Riesgo en la Sociedad

Los miembros de la sociedad o comunidad no tienen la misma percepción del riesgo, por estar condicionada a la función y responsabilidad que cumple el individuo en la sociedad además está condicionada a la posición social, económica y psicológica del mismo individuo.

4.1.3 Antrópico

El riesgo no solo está condicionado por los fenómenos naturales, sino también de gran manera por la interacción continua del hombre frente a su entorno. En ese entendido es un proceso social de configuración de riesgo determinado por procesos económicos, sociales, políticos y culturales que contribuyen a la generación del riesgo y determinan niveles y condiciones de exposición al riesgo.

4.2 METODOLOGÍA

La elaboración del producto final constó de tres etapas:

Primera etapa - Revisión del Mapas Insumo

Segunda etapa - Construcción del Modelo de Evaluación

Tercera etapa - Revisión de Resultados

4.2.1 Primera Etapa - Revisión del Mapas Insumo

La revisión de los insumos significó la revisión del Mapa de Amenazas y del Mapa de Vulnerabilidad, esta revisión para cada uno significó en primer instancia el análisis espacial comparativo de superficies, revisión de valores por pixel en los mapas índice y revisión de incoherencias.

Esta etapa es necesaria ya que se debe verificar las condiciones y características espaciales de superficie para cada uno de los Mapas, es decir, para el Mapa de Vulnerabilidad ya se mencionó que se fue trabajado sobre la cartografía base utilizada en el Censo 2001 del INE, esta cartografía restringe la información al área considerada para ese proceso y que en otros sectores sale del límite municipal, es bajo estas consideraciones que se debió hacer ese tipo de revisión.

Basados en ese enfoque es que se decidió que para el análisis final de resultados se tomarían en cuenta solo las unidades circunscritas por el Limite Municipal. Por otra parte se revisó la existencia de pixeles con información que fuera de los límites generales de cada uno de los mapas insumo, estos pixeles suelen aparecer debido a pequeños segmentos innecesariamente digitalizados en layers de origen CAD.

4.2.2 Segunda Etapa - Construcción del Modelo de Evaluación

Para el procesamiento del Mapa Índice de Riesgo se utilizó la herramienta SMCE del Software Ilwis 3.7, construido el modelo nuevamente se reunió el grupo multidisciplinario de profesionales para ajustar los porcentajes para cada una de las variables insumo, este ajuste se basó en dos elementos esenciales, el primero en la diferente visión y puntos de vista sobre la temática de riesgos que tiene cada línea profesional (economistas, geólogos, agrónomos, ing. civiles) y en el amplio conocimiento y experiencia del equipo participante del Municipio.

El siguiente Flujograma resume la secuencia de las variables utilizadas:

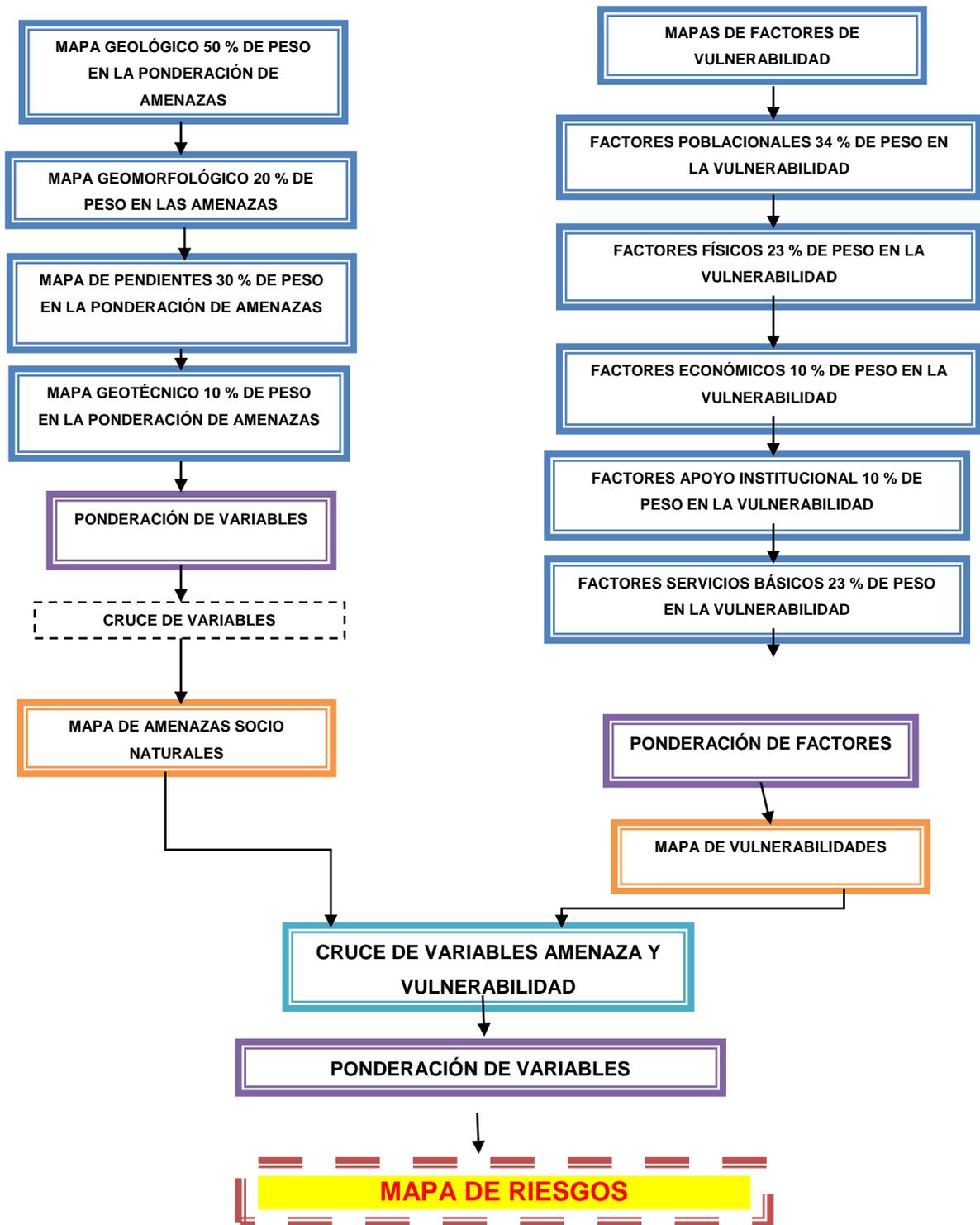
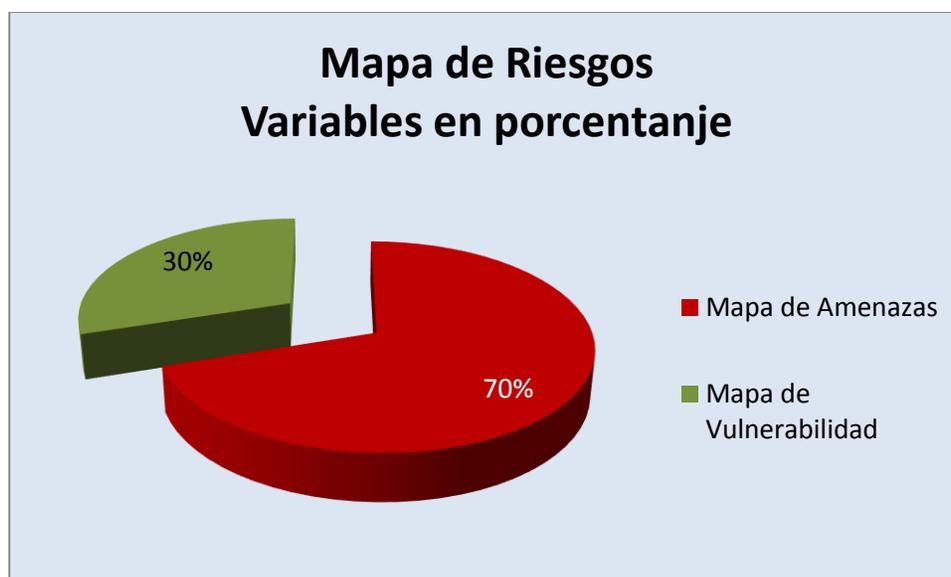


Ilustración 58. Flujograma Mapa de Riesgos

Siendo que los subproductos variable que son el Mapa de Amenazas y el de Vulnerabilidad ya fueron consolidados el siguiente paso fue el establecer en el cruce de ambos la relación de peso que deberían tener las mencionadas variables; es así que después de un proceso de ajuste consensuado se identificó que la relación de pesos que más se ajustaba era la que muestra la siguiente gráfica:



4.2.3 Tercera etapa - Revisión de Resultados y Caracterización de Zonas

En esta etapa nuevamente participó el conjunto de profesionales involucrado, el método adoptado para la revisión fue la realización de un taller de retroalimentación. En la dinámica de este taller se analizaron los resultados de forma general y específica para cada Macrodistrito, además se fueron justificando los valores por cada zona o sector.

De forma simultánea a la que se analizaban los valores de cada una de las zonas se iban caracterizando los elementos o causales que definió el valor de índice por unidad espacial.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS GRADOS DE RIESGO

A continuación se representa en un Cuadro la Explicación de los 5 Grados de Riesgo, y el porcentaje de la mancha Urbana expuesto a este Grado de Riesgo.

Tabla 13. Descripción de Grados de Riesgo

GRADO	DESCRIPCIÓN DAÑOS ESPERADOS	SUPERFICIE EN PORCENTAJE (APROX.)
Muy Bajo	Muy leves, asentamientos diferenciales, erosión e inestabilidad en los taludes, erosión de pie, Muy pocas personas afectadas, edificaciones muy levemente dañadas, buena cobertura de servicios básicos y elementos esenciales. Condiciones por vulnerabilidad específica de acuerdo a la zona.	6 %
Bajo	Leves, zonas saturadas y en lugares inundables, se pueden presentar asentamientos diferenciales especialmente en los abanicos aluviales. Pocas personas afectadas de igual manera edificaciones líneas vitales, centros de producción servicios y medio ambiente. Condiciones de vulnerabilidad específicas de acuerdo a la zona.	22 %
Moderado	Daños moderados con relieve de abrupto a moderado afectado por erosión superficial e interna, inestabilidad en ciertos sectores por la saturación disminución de las características físico – mecánicas, en ciertos sectores presencia de niveles limosos y gravosos densos y plásticos, existes zonas de falla potencialmente activas. Daños moderados en edificaciones, líneas vitales centros de producción servicios y medio ambiente. Condiciones por vulnerabilidad específica de acuerdo a la zona.	41 %
Alto	Daños elevados, en áreas de relieve abrupto afectado por erosión superficial e interna, Inestabilidad en varios sectores por: erosión de pie, presencia de arcillas plásticas y saturadas, presencia de arenas saturadas sin cohesión, presencia de aguas subterráneas, grietas de tracción y de compresión, pérdida de las propiedades físico mecánicas de los suelos con la saturación, con la remoción y con la descomposición. De igual manera los daños pueden ser elevados en las edificaciones, líneas vitales centros de producción, servicios básicos y al medio ambiente muchas personas son afectadas. Condiciones por vulnerabilidad específica de acuerdo a la zona.	21 %
Muy alto	Daños muy elevados, área de relieve abrupto y afectada por erosión superficial e interna, inestabilidad en el sector por la presencia de arcos de rotura manifestado, (falla de rotura) además de grietas tracción y de compresión de	10 %

diferente magnitud, por la circulación de aguas subterráneas, presencia de arcillas muy plásticas, erosión del pie de talud y disminución de las propiedades físico – mecánicas de los niveles finos de saturación descomposición o remoción. De igual manera los daños son elevados en las edificaciones, líneas vitales, centros de producción, servicios básicos y al medio ambiente la mayoría de personas son afectadas
Condiciones por vulnerabilidad específica de acuerdo a la zona.

4.3.1 Riesgo Muy bajo

El 6 % del área total de la Mancha Urbana de la Ciudad de la Paz. Son áreas geográficas en las que no existen elementos expuestos, no existen fenómenos de remoción en masa de magnitud, aunque existen amenazas al medio ambiente en pequeña escala. En el mapa corresponde al área urbana comprendida entre las zonas de Achachicala, Pura-pura, San Pedro, Sopocachi y Miraflores.

4.3.2 Riesgo Bajo

En este nivel de Riesgo se encuentra el 22 % del área total de la Mancha Urbana. Están demarcadas las áreas con pendiente baja y muy baja, suelos con capacidad portante de buenas a excelentes, zonas saturadas pertenecientes a terrazas aluviales antiguas y recientes, abanicos aluviales y otros, Estas áreas en lugares son inundables, de la misma forma se pueden presentar asentamientos diferenciales especialmente en los abanicos aluviales. Están identificadas la planicie de Achumani, Irpavi Bajo, Bologna, la zona de Calacoto, Alto Obrajes, Identificada también la terraza de Pampahasi, las zonas de Tembladerani, Sopocachi, Villa victoria, Gran Poder y otras. Pocas personas afectadas de igual manera edificaciones, centros de producción servicios y medio ambiente.

4.3.3 Riesgo Moderado

En este nivel de Riesgo se encuentra el 41 % de la mancha urbana de la ciudad de La Paz, pueden presentarse en estas áreas daños moderados en edificaciones, en vías de acceso, en centros de producción, Las áreas con riesgo moderado presentan relieve de abrupto a moderado afectado por erosión superficial e interna, inestabilidad en ciertos sectores por la saturación, disminución de las características físico – mecánicas, en algunos sectores se observa la presencia de niveles limosos y gravosos densos y plásticos, existes zonas de falla potencialmente activas. Se pueden presentar daños

moderados en edificaciones, líneas vitales centros de producción servicios y medio ambiente. Entre las zonas que se caracterizan por presentar riesgo moderado están en la zona Sur La rinconada, parte de Cota Cota y Chasquipama, Irpavi II. En la zona Norte Vino Tinto, Achachicala, Chuquiaguillo y otra zonas diseminadas en toda la mancha Urbana de la Ciudad de La Paz.

4.3.4 Riesgo Alto

En este nivel de Riesgo se encuentra el 21 % del área ocupada por la mancha urbana de la ciudad de La Paz, En estas áreas los daños son elevados, presentan relieve abrupto afectado por erosión superficial e interna, Inestabilidad en varios sectores por: erosión de pie, presencia de arcillas plásticas y saturadas, presencia de arenas saturadas y sin cohesión, presencia de aguas subterráneas, grietas de tracción y de compresión, pérdida de las propiedades físico mecánicas de los suelos con la saturación, con la remoción o por la descomposición. Así mismo los daños pueden ser elevados en las edificaciones, líneas vitales centros de producción, servicios básicos y ocasionan daños al medio ambiente, puede resultar muchas personas afectadas, entre estas áreas están comprendidas las zonas de Ato Achumani, Codavisa, Bajo Llojeta, parte de la zona de Cota Cota, Bella Vista y otras zonas en el Macro distrito Sur, además de las zonas de San Simon, Octavio Campero, Kupini y otros en la macro distrito San Antonio, En el macro distrito de Mallasa están con Riesgo Alto, los márgenes Derecho e Izquierdo del río Achocalla por la calidad de suelo, pendiente y presencia de aguas subterráneas, las otras zonas con riesgo alto esta diseminadas en toda la mancha de la Ciudad de La Paz.

4.3.5 Riesgo Muy Alto

En este factor de Riesgo se encuentra el 10 % de toda el área de la mancha urbana de la Ciudad de La Paz, En estas áreas los daños pueden ser muy elevados, estas áreas presentan relieve abrupto y está afectada por erosión superficial e interna, inestabilidad en el sector por la presencia de arcos de rotura manifestado, (falla de rotura) además de grietas tracción y de compresión de diferente magnitud, por la circulación de aguas subterráneas, presencia de arcillas muy plásticas, erosión del pie de talud y disminución de las propiedades físico – mecánicas de los niveles finos de saturación descomposición o remoción. De igual manera los daños son elevados en las edificaciones, líneas vitales, centros de producción, servicios básicos y al medio ambiente la mayoría de personas son

afectadas.

Estos Grados de riesgo se pueden identificar con la siguiente relación de colores en el Mapa de Riesgos

GRADO	COLOR	ÁREA (%)
MUY BAJO	VERDE OSCURO	6 %
BAJO	VERDE	22 %
MODERADO	AMARILLO	41 %
ALTO	NARANJA	21 %
MUY ALTO	ROJO	10 %

Tabla 14. Relación de Grado de Riesgo, por color y superficie

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.4.1 Áreas de Riesgo Muy Alto

La combinación del mapa de vulnerabilidades y del mapa de amenazas, arroja como resultado 36 áreas dentro la mancha urbana de la Ciudad de La Paz con riesgo muy alto lo que representa el 10 % del área de la mancha urbana de la Ciudad de La Paz, mientras el 21% de la mancha Urbana está identificada con riesgo Alto, el 41 % está catalogada con riesgo moderado, 22 % del área total de la ciudad de La Paz está identificada con riesgo bajo, y solamente el 6 % del área está identificada como área de riesgo muy bajo.

Las 36 áreas son sujetas a monitoreo permanente, inspecciones continuas y de acciones en el control de las causas por las cuales se ha llegado a identificar el riesgo; En las 36 áreas es necesario su caracterización de áreas mitigables al riesgo y áreas no mitigables al riesgo, este trabajo corresponde a un mapeo y evaluación de las áreas ya identificadas a una escala mayor 1: 1000, 1:500, además de considerar las zonas de expansión urbana identificadas con riesgo muy alto.

4.4.2 Descripción de las Áreas de Muy Alto Riesgo

36 áreas en la mancha urbana de la Ciudad de La Paz, son las de muy Alto Riesgo y estas se subdividen en función a su extensión por macro distritos:

4.4.2.1 Macro distrito Sur – 5

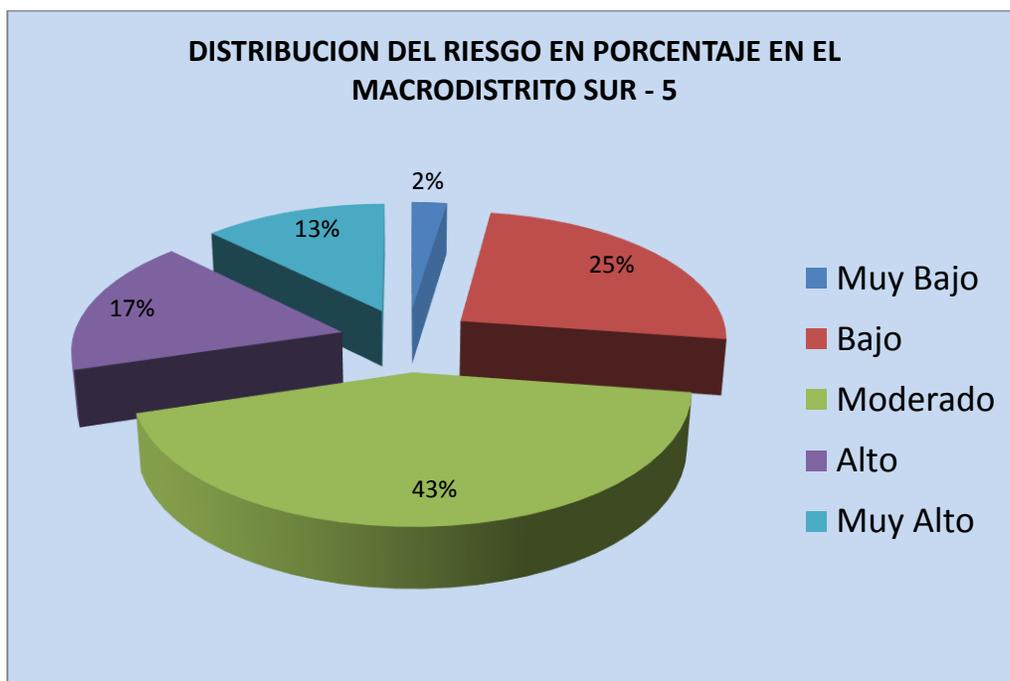


Ilustración 59. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO SUR – 5

Del total del área del macro distrito Sur, el 13 % está identificada como área de muy alto riesgo; en esta superficie actualmente se identifican 13 sub -áreas con las siguientes características:

- 4 Áreas identificadas como áreas de expansión Urbana
- 3 Áreas se encuentran con obras de contención y con obras de control de aguas subterráneas
- 2 Áreas están controladas relativamente con movimientos de tierra.
- 4 Áreas que en los últimos 2 años han presentan desajustes.

MAPA DE RIESGOS 2011

En las siguientes tablas se detalla las características y condiciones

a)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Ciudadela Stronguista Norte	Muy Alto	A deslizamiento por sobrepeso y aguas subterráneas. Falta de vías de acceso, falta de servicios	No cuenta con sistema de saneamiento básico
2	CODAVISA	Muy Alto	Deslizamiento por sobrepeso y aguas subterráneas	No cuenta con sistema de saneamiento básico
3	Flor de Irpavi	Muy Alto	Inundación, deslizamiento, y arrastre de material	A la fecha no cuenta con obras de control hidráulico
4	Los Lirios Pedregal	Muy Alto	Deslizamientos, material poco consolidado	No cuenta con saneamiento básico

Tabla 15. Áreas de riesgo muy alto identificados en áreas de expansión urbana en el macro distrito Sur - 5.

b)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Las Carmelitas	Muy Alto	Deslizamiento, material de relleno y aguas subterráneas	Se emplazó muro pantalla sobre 30 pilotes
2	Cota Cota Calles 32 - 35	Muy alto	Deslizamiento por la presencia de aguas subterráneas	Se emplazó muro pantalla sobre pilotes y galerías filtrantes
3	24 de Junio – Alto Seguencoma	Muy alto	Deslizamiento suelos inestables aguas subterráneas	Muro cajón en la base y anclado, galerías filtrantes y cortinas dren- antes

Tabla 16. Áreas de riesgo muy alto controlados con obras de contención y obras de control de aguas subterráneas en el macro distrito Sur - 5

MAPA DE RIESGOS 2011

c)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	23 de marzo Achuma	Muy Alto	Deslizamiento, material de relleno, poco consolidado	En el año 2003 se deslizamiento y se realizó movimientos de tierra.
2	Santa Fe de Kesini	Muy alto	Deslizamiento por calidad de suelos	Se realizó movimientos de tierra y se asentaron nuevas viviendas

Tabla 17. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Sur 5

d)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Cota Cota calles 25 – 28,	Muy Alto	A desprendimientos y deslizamiento por aguas subterráneas	Asentamientos diferenciales
2	Calle 23 – Ventilla Bella Vista	Muy Alto	A deslizamiento por sobrepeso y aguas subterráneas	Desajustes asentamientos diferenciales, grietas de tracción
3	Calle 29, Las Lomas – Achumani	Muy Alto	A Inundación deslizamiento, y arrastre de material	A la fecha no cuenta con obras de control hidráulico
4	Calle 20 Bella Vista	Muy Alto	A deslizamiento, material poco consolidado	Presencia de aguas grietas de tracción y aguas subterráneas

Tabla 18. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Sur - 5 con presencia de deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años

Las causales del nivel de riesgo en estas 13 áreas identificadas son :

GEOLOGÍA

En su conjunto presentan material arcilloso plástico poco consolidado, pertenecientes a

torrentes de barro, materiales deslizados antiguamente, suelos afectados por erosión superficial e interna, De la misma manera presentan cárcavas de diferente magnitud, así mismo se observa presencia de aguas subterráneas que saturan el suelo y hacen que los suelos pierden sus cualidades físico mecánicas tornándose en una amenaza en el área por la calidad de suelo.

Geomorfológicamente presentan algunas áreas un arco de antiguo deslizamiento, drenajes de aguas superficiales profundas y cárcavamiento que posteriormente han sido modificados con movimientos de tierra de consideración que ha cambiado la topografía del área, de la misma manera las áreas de acuerdo al mapeo e identificación presentan grietas de tracción de diferente magnitud, algunas de ellas monitoreadas periódicamente y reportan incremento milimétrico.

VULNERABILIDADES

Las áreas son de expansión Urbana en la actualidad, no cuentan con servicios básicos, a la fecha se han asentado varias viviendas con construcciones precarias, también se observan edificaciones de media y gran inversión que consumen y necesitan los servicios básicos, al mismo tiempo no existen vías de comunicación suficientes.

En las áreas donde presentan desajustes se tiene una mancha urbana considerable, todas densamente pobladas y con los servicios instalados, siendo que los servicios de agua potable y de alcantarillado deber ser revisados por dos razones, primero que su instalación data de muchos años atrás y segundo que por los desajustes de la zona los sistemas de alcantarillado han sufrido deterioros y están dañados.

No existen Centros de Salud en estas áreas que puedan cubrir los requerimientos de la población del lugar

CONCLUSIONES

El mapa de riesgos identifica 13 zonas como de muy alto riesgo en este distrito.

(De acuerdo a los tiempos de inspecciones y/o de informes el riesgo identificado a la fecha, cambiara a medida que se intervenga en el área con saneamiento básico, control de aguas superficiales, control de torrenteras y las nuevas construcciones se adecuen y normen a la calidad del suelo existente en la zona)

4.4.2.2 Macro distrito San Antonio – 4

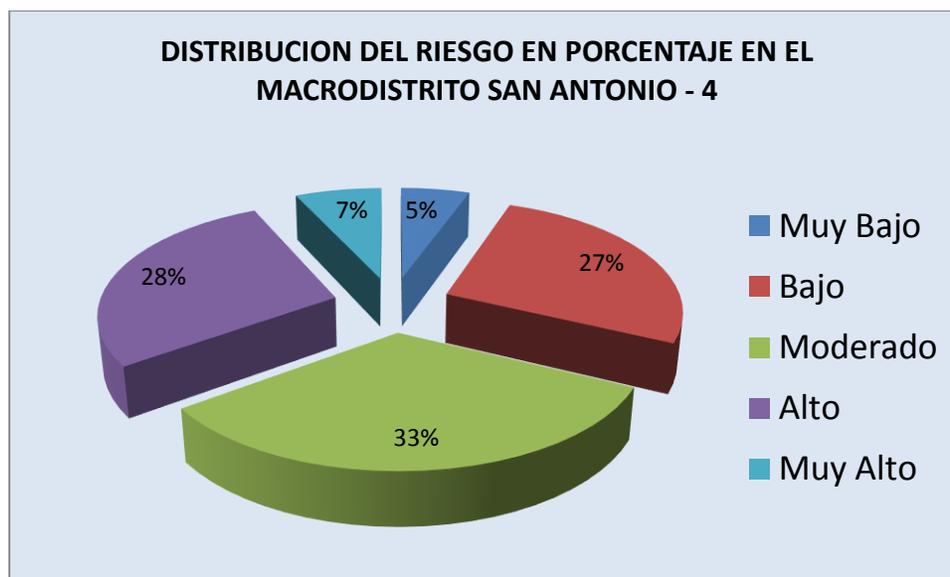


Ilustración 60. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO SAN ANTONIO – 4

Del total del área del macro distrito San Antonio, el 7 % está identificada como área de muy alto riesgo; El 7 % del total del área del macro distrito San Antonio; está subdivididas en 10 áreas que están identificadas de la siguiente manera:

10 áreas de Riesgo muy alto y subdivididas en:

- a) 3 Áreas se encuentran con obras de control de aguas subterráneas
- b) 3 Áreas están controladas relativamente con movimientos de tierra.
- c) 4 Áreas que en los últimos 2 años presentan desajustes de consideración

a)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	San Simón - San Jose - Santa Catalina	Muy Alto	Deslizamiento por pendiente, Con obras de control de aguas subterráneas
2	Villa San Antonio	Muy Alto	Deslizamientos en sectores control de aguas subterráneas
3	Villa Armonía - IV Centenario, German Jordán	Muy Alto	Deslizamientos, con obras de control de aguas subterráneas (cortinas drenantes)

Tabla 19. Áreas de riesgo muy alto controlados con obras de contención y obras de control de aguas subterráneas en el macro distrito San Antonio – 4

b)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Kupini - Plaqueta	Muy Alto	Deslizamiento - con movimientos de tierra
2	Juan Sin Miedo - Tejahuira	Muy Alto	Relleno - material suelto
3	Valle Hermoso - Villa Copacabana	Muy Alto	Deslizamiento - Movimientos de tierra

Tabla 20. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito San Antonio – 4

c)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Rio Irpavi Margen Derecho - Izquierdo aguas arriba	Muy Alto	Deslizamiento-Pendiente - Erosión-Aguas Subterráneas
2	Octavio Campero	Muy Alto	Deslizamientos
3	San Isidro Alto	Muy Alto	Deslizamientos
4	Ladera Este - Valle de las Flores - Cervecería - Metropolitana - Bajo Salome	Muy Alto	Múltiples Factores

Tabla 21. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito San Antonio - 4 con presencia de deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años

4.4.2.5 Macro distrito Cotahuma – 1

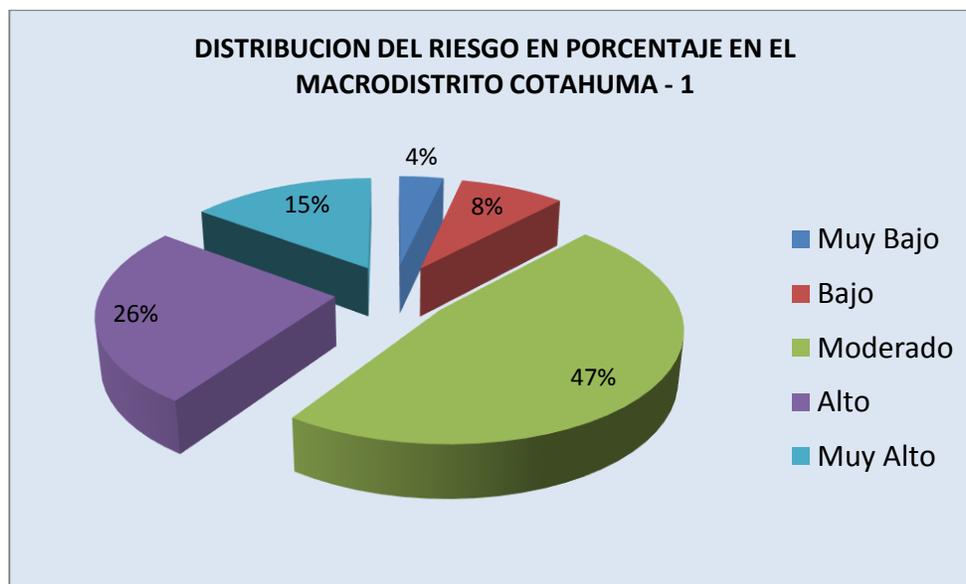


Ilustración 61. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO COTAHUMA – 1

MAPA DE RIESGOS 2011

Del total del área del macro distrito Cotahuma 15 % está identificada como área de muy alto riesgo; Este 15 % del área del macro distrito Cotahuma está subdividido en 6 áreas que están identificadas de la siguiente manera:

6 áreas de Riesgo muy alto y subdivididas en:

- a) 3 Áreas están controladas relativamente con movimientos de tierra.
- b) 3 Áreas que en los últimos 2 años presentan deformaciones de consideración y consecuentes

a)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Final Armaza	Muy Alto	Deslizamiento Inactivo – c/ movimientos de tierra
2	Cotahuma - Julio Téllez	Muy Alto	Deslizamiento – movimientos de tierra
3	Relleno Sanitario - Kantutani	Muy Alto	Deslizamiento – movimientos de tierra

Tabla 22. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Cotahuma – 1

b)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Playa Verde - Adela Zamudio	Muy Alto	Deslizamiento
2	Francisco Bedregal - Cancha Fígaro	Muy Alto	Deslizamiento
3	Alpacoma - Llojeta	Muy Alto	Deslizamiento – en sectores con movimientos de tierra

Tabla 23. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Cotahuma - 1 con deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años.

4.4.2.3 Macro Distrito Periférica – 3

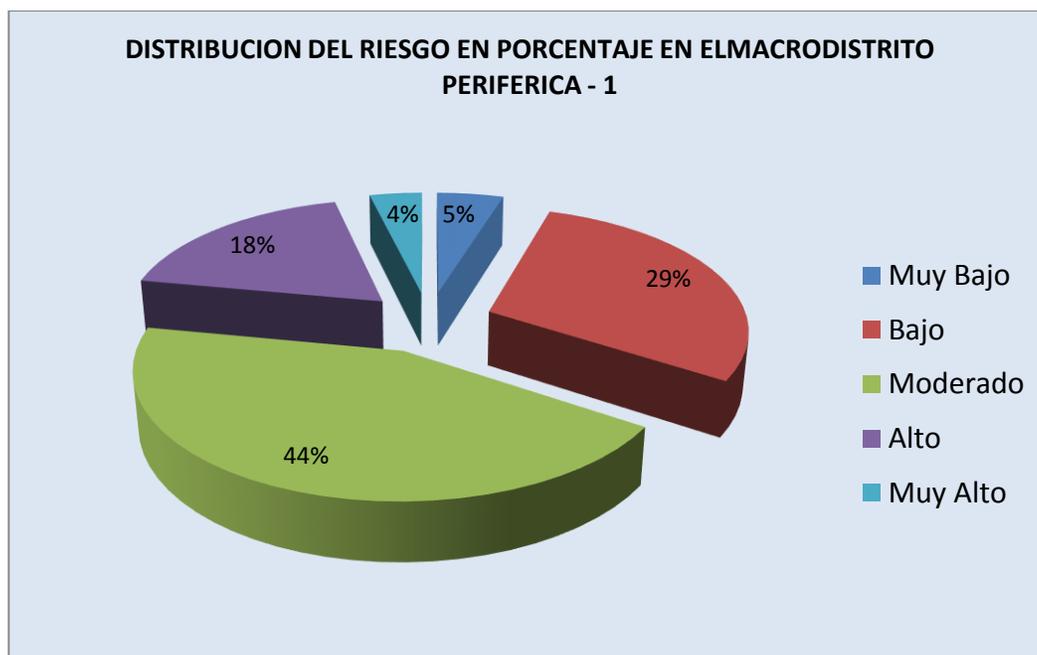


Ilustración 62. Distribución. Espacial en porcentaje - MACRODISTRITO PERIFÉRICA – 3

Del total del área del macro distrito Periférica, el 4 % está identificada como área de muy alto riesgo; El 4 % del total del área del macro distrito Periférica esta subdividida en 3 áreas que están identificadas de la siguiente manera:

3 áreas de Riesgo muy alto y subdivididas en:

- a) 1 Área está identificada como área de expansión urbana
- b) 2 Áreas están controladas relativamente con movimientos de tierra.

a)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Limaniyata	Muy Alto	Deslizamiento - Pendiente – Erosión de pie	Área de expansión Urbana no cuenta con saneamiento básico

Tabla 24. Áreas de riesgo muy alto identificados en áreas de expansión urbana en el macro distrito Periférica – 3

b)

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Plaza Litoral	Muy Alto	Deslizamiento	Antiguo deslizamiento controlado con movimientos de tierra
2	Agua de la Vida	Muy Alto	Deslizamiento movimientos de tierra	– Antiguo deslizamiento controlado relativamente con movimientos de tierra

Tabla 25. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Periférica – 3

4.4.2.4 Macro distrito Centro – 7

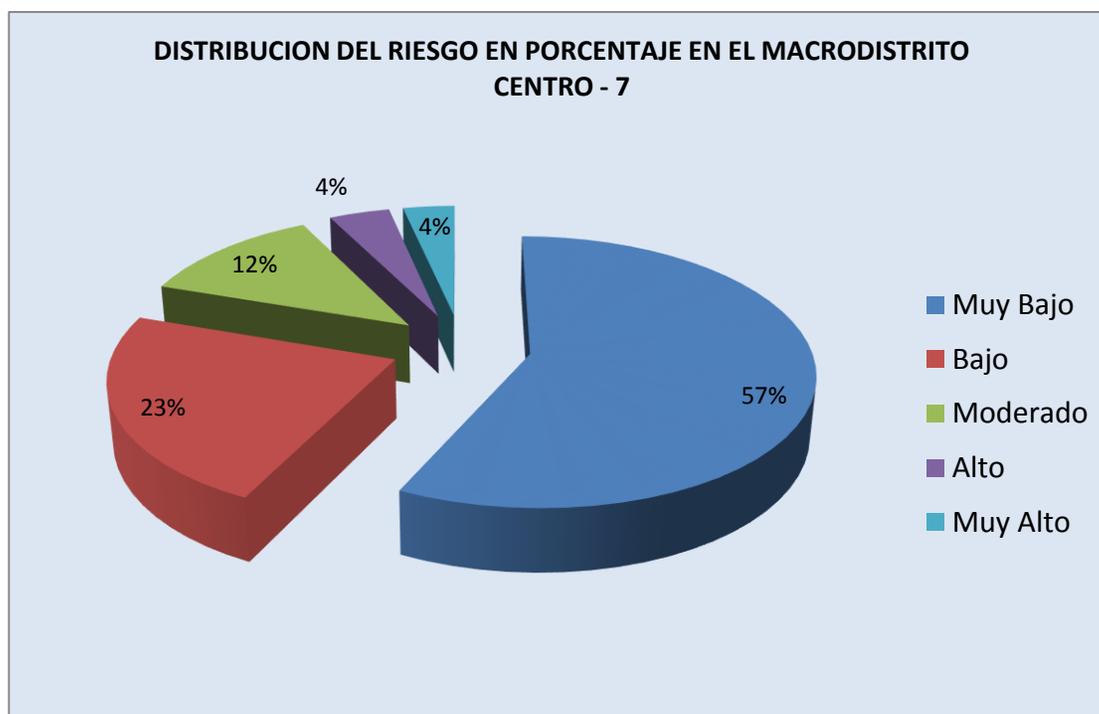


Ilustración 63. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO COTAHUMA – 1

Del total del área del macro distrito Centro el 4 % está identificada como área de muy alto

riesgo; El 4 % del total del área del macro distrito Centro está subdivididas en 1 sola área que están identificadas como:

- 1 Área que en los últimos 2 años presenta deformaciones de consideración y consecuentes

No.	Nombre de la Zona	Grado de riesgo	Riesgo - Causas	Observaciones
1	Santa Bárbara	Muy Alto	Deslizamiento	El movimiento es constante, las deformaciones se incrementan constantemente

4.4.2.5 Macro distrito Mallasa – 6

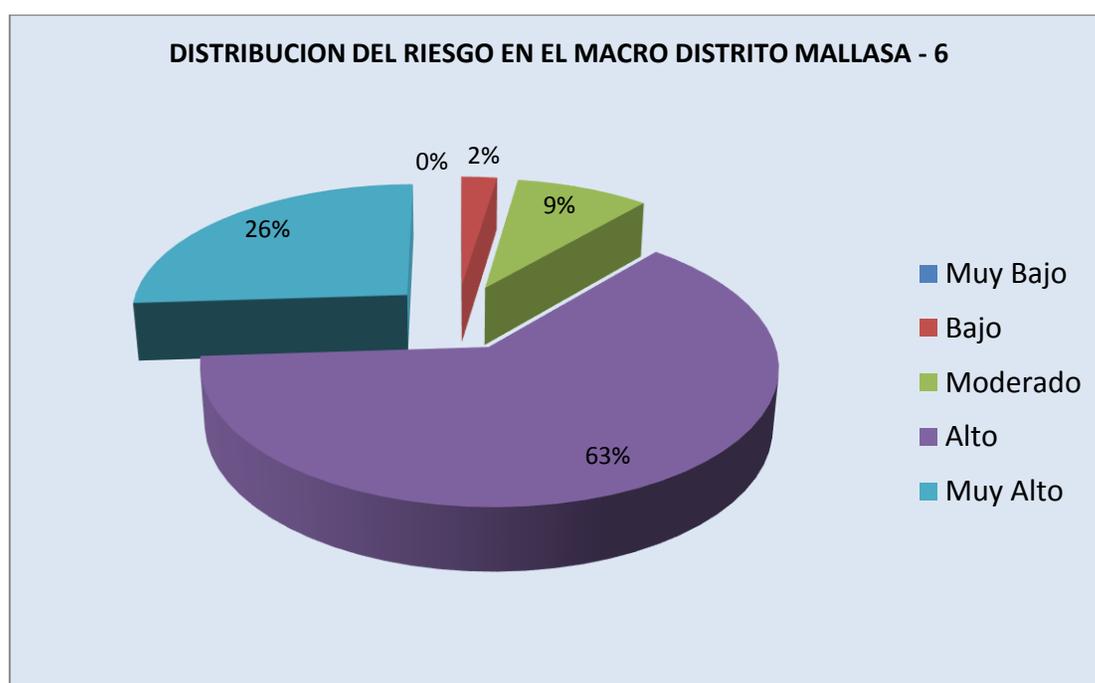


Ilustración 64. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO MALLASA – 6

Del total del área del macro distrito Mallasa el 26 % está identificada como área de muy alto riesgo; El 26 % del total del área del macro distrito Mallasa; está subdivididas en 3 áreas de grandes dimensiones que están identificadas de la siguiente manera:

3 áreas de Riesgo muy alto y subdivididas en:

- 1 Área está controlada relativamente con movimientos de tierra.
- 2 Áreas que en los últimos 2 años presentan deformaciones de consideración, deslizamientos locales y derrumbes.

a)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Relleno Sanitario - Mallasa	Muy Alto	Movimientos de tierra, material de relleno poco consolidado

Tabla 26. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Mallasa – 1

b)

No	Nombre Área - Zona	Grado	Causas - Observaciones
1	Márgenes río Achocalla	Muy Alto	Deslizamiento
2	Márgenes río La Paz	Muy Alto	Deslizamiento

Tabla 27. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Mallasa - 6 con deslizamientos locales y derrumbes a causa de erosión de pie de talud, identificadas en los dos últimos años.

4.4.2.6 Macro distrito Max Paredes – 2

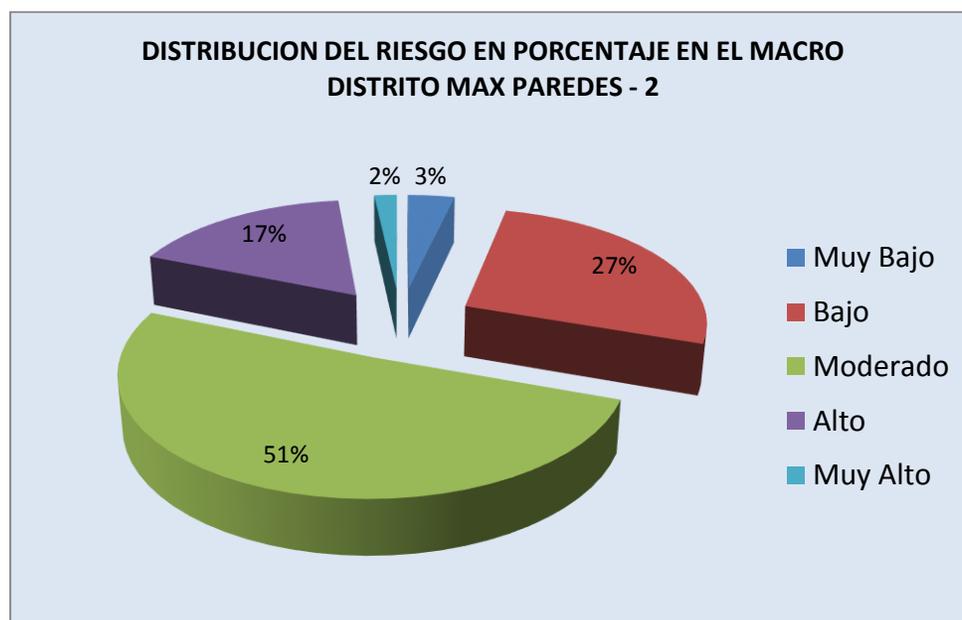


Ilustración 65. DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO MAX PAREDES – 2

Del total del área del macro distrito Max Paredes el 2 % está identificado como área de muy alto riesgo; en sectores pequeños y donde la vulnerabilidad es muy baja, donde muy alta. El 2 % del total del área del macro distrito Max Paredes; se observa en el mapa sectores muy pequeños y aislados y las deformaciones observadas no son de gran magnitud.

ÁREAS DE RIESGO POR MACRODISTRITO TABLA RESUMEN

MACRO DISTRITO SUR (5)

No	Nombre Zona	Grado	Riesgo a: causas
1	Ciudadela Stronguista - Norte	Muy Alto	Deslizamiento - suelos malos
2	23 de Marzo Achuma	Muy Alto	Deslizamiento
3	Las Carmelitas	Muy Alto	Deslizamiento - con obra de contención
4	CODAVISA	Muy Alto	Deslizamiento
5	Flor de Irpavi	Muy Alto	Deslizamiento
6	Los Lirios - Pedregal	Muy Alto	Aguas Subterráneas
7	Cota Cota c 32 a c 35	Muy Alto	Aguas Subterráneas - con obras de contención
8	Cota Cota c 25 a c 28	Muy Alto	Aguas Subterráneas
9	Santa Fe de Kesini	Muy Alto	Alta Pendiente
10	Calle 23 Bella Vista - Ventilla	Muy Alto	Deslizamiento
11	24 de Junio - Seguencoma Alto	Muy Alto	Deslizamiento - con obra de contención
12	Calle 29 Las Lomas - Achumani	Muy Alto	Deslizamiento
13	Calle 20 Bella Vista	Muy Alto	Deslizamiento

MACRO DISTRITO SAN ANTONIO (4)

1	San Simón - San Jose - Santa Catalina	Muy Alto	Deslizamiento, Pendiente Con obra de contención
2	Rio Irpavi Margen Derecho - Izquierdo	Muy Alto	Deslizamiento-Pendiente-Erosión-Aguas Subterráneas
3	Villa San Antonio	Muy Alto	Deslizamientos
4	Villa Armonía - IV Centenario, German Jordán	Muy Alto	Deslizamientos
5	Octavio Campero	Muy Alto	Deslizamientos
6	San Isidro Alto	Muy Alto	Deslizamientos
7	Ladera Este - Valle de las Flores - Cervecería - Metropolitana - Bajo Salome	Muy Alto	Múltiples Factores

MAPA DE RIESGOS 2011

8	Kupini - Plaqueta	Muy Alto	Deslizamientos - con movimientos de tierra
9	Juan Sin Miedo - Tejajahuira	Muy Alto	Relleno - material suelto
10	Valle Hermoso - Villa Copacabana	Muy Alto	Deslizamiento - Movimientos de tierra
MACRO DISTRITO COTAHUMA (1)			
1	Playa Verde - Adela Zamudio	Muy Alto	Deslizamiento
2	Francisco Bedregal - Cancha Fígaro	Muy Alto	Deslizamiento
3	Alpacoma - Llojeta	Muy Alto	Deslizamiento - con movimientos de tierra
4	Final Armaza	Muy Alto	Deslizamiento Inactivo - movimientos de tierra
5	Cotahuma - Julio Tellez	Muy Alto	Deslizamiento – mov. de tierra
6	Relleno Sanitario - Kantutani	Muy Alto	Deslizamiento – mov. de tierra
MACRO DISTRITO PERIFERICA (3)			
1	Limanipata	Muy Alto	Deslizamiento - Pendiente - Erosion
2	Plaza Litoral	Muy Alto	Deslizamiento
3	Agua de la Vida	Muy Alto	Deslizamiento – mov. de tierra
MACRO DISTRITO CENTRO (7)			
1	Santa Bárbara	Muy Alto	Deslizamiento
MACRO DISTRITO MALLASA (6)			
1	Relleno Sanitario - Mallasa	Muy Alto	Deslizamiento – mov. de tierra
2	Márgenes río Achocalla	Muy Alto	Deslizamiento
3	Márgenes río La Paz	Muy Alto	Deslizamiento

Tabla 28. ÁREAS DE RIESGO MUY ALTO EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO, JUAN A.. 2005: El Crecimiento Urbano y su Incidencia en la Vulnerabilidad Ambiental y Social, p1., Argentina.
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVID, I. y WISNER, B. 1996.: Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres. 290p. [en línea]. Disponible en: <<http://www.desenredando.org/public/libros/index.html>> (Consulta: 06 de Septiembre de 2007).
- Barredo, J.I. (1996). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Ra-Ma: Madrid.
- BARRENECHEA, GENTILE, GONZALES, 2002. Revisión del Concepto de Vulnerabilidad; Taller sobre Vulnerabilidad. Bs As, Argentina
- BIRKMANN JÖRN (2006), Measuring Vulnerability to Natural Hazards. United Nations University Office at the United Nations, New York, USA. E-mail: unuona@ony.unu.ed.
- BOERBOOM LUC, SHARIFI.ALI s/f. Spatial multi-criteria evaluation to enhance governance: changes in Malaysian planning. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation. (ITC), The Netherlands.
- BOSQUE SENDRA JOAQUÍN, GARCÍA ROSA C.: El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. Anales de Geografía de la Universidad complutense, nº20. 2000, España.
- CEPREDENAC- GLOSARIO OFICIAL – <http://www.cepredenac.org>.
- CHARDON, A.C. 1997. La percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad. Desastres y Sociedad 8: 4-34. [en línea]. Disponible en: <<http://www.desenredando.org/public/revistas/dys/rdys08/index.html>> (Consulta: 18 de Septiembre de 2007).
- COBURN A.W., SPENCE R.J.S, POMONIS A..1991 Vulnerabilidad y evaluación de riesgo (1ra Edición). Cambridge Architectural Research Limited. The Oast House, Maling Lane, Cambridge. PNUD, Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres., U.K.
- DIRECCIÓN DE CUENCAS Y MANEJO DE RIESGOS - UNIDAD DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS GMLP: Política de Gestión de Riesgos del GMLP.2005, La Paz – Bolivia.
- DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL - Unidad de Planificación Participativa. 2006.: Plan De Desarrollo Municipal 2007-2011 Diagnóstico Municipal, Bolivia.
- DWI WAHONO BONAVENTURA. Applications of statistical and heuristic methods for landslide susceptibility assessments, ITC. 2010, Netherlands.
- FLAMENT.MICHEL Glosario Multicriterio. 1999. www.unesco.org.uy-red-m-glosarium.htm
- GOBIERNO MUNICIPAL DE LA PAZ.2005. Uso del Suelo y Patrones de Asentamiento. Bolivia.
- LAVELL Y MANSILLA, 2003: Vocabulario Controlado del CRID [en línea]. Disponible en<http://www.crid.or.cr/crid/CD_VCD/DocsIndex.htm> (Consulta 10 de Mayo de 2011).
- LAVELL, A. 1999. Gestión de Riesgos Ambientales urbanos. Disponible en: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/1999/grau/index.html>> (Consulta: 3 de Mayo de 2011).

- MASKREY ANDREW (coordinador) DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN DE CRISIS Y DE RECUPERACIÓN: La Reducción De Riesgos De Desastres un Desafío para el Desarrollo. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2004, USA.
- MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO: Guía Metodológica para la Formulación de Planes Municipales de Ordenamiento Territorial en Municipios Predominantemente Urbanos. 2003, Bolivia
- P. HOFSTEE AND IR M. BRUSSEL, s/f: Análisis de aptitud para la expansión Urbana. International Institute for Geoinformation Sciences and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- PNUD. 2003: LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES: UN DESAFÍO PARA EL DESARROLLO, Definiciones oficiales del PNUD.
- PORCEL RONALD S. (2007), "La Identificación de Áreas de Riesgo para el crecimiento urbano en el Municipio de La Paz". (CLAS-ITC)
- DOROTHEA HILHORST (2006), Estudio de Desastres, Universidad de Wageningen. Holanda.
- Evaluación de agencias bancarias y financieras en Arequipa. Estudio Multicliente sobre la Evaluación de agencias bancarias y financieras en Arequipa Abril 2011. http://www.mbsperu.com/index2.php?page=shop.product_details&product_id=90&flypage=flypage.pbv.v1.tpl&pop=1&option=com_virtuemart&Itemid=103
- RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA (LA RED). 2003. Guía metodológica de Desinventar. 38p. [en línea]. Disponible en: <<http://www.desinventar.org/sp/metodologia/index.html>>
- SHARIFI ALI, VAN HERWIJNEN MARJAN AND VAN DEN TOORN. 2004. Willem Spatial Decision Support Systems. International Institute for Geoinformation Sciences and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- VAN WESTEN CEES (compiled by): Glossary of terms related to Risk Assessment and Management. 2007, Holanda.
- RAFAEL RICARDO GASPERI MAGO. 1984. El Fenómeno de Sufusión en Áreas Erodadas en la Depresión de Quibor. Bioagro 2(1): 27-42.
- SALCEDO, D. & SANCIO, R., 1989: Guía simplificada para identificación y prevención de problemas geotécnicos en desarrollos urbanos. Logoven S.A., Filial de Petróleos de Venezuela S.A. Caracas, 27 p.p.
- VARGAS Y GALINDO, 2004. Ordenamiento Territorial. Centro de Levantamiento Aeroespaciales y Aplicaciones SIG (CLAS), Presentación.
- AHLFELD, F., 1946. Geología de Bolivia.- Revista del Museo de La Plata (NS), 3 (19) : 5-370.
- Bles (J. L.), Álvarez (A.), Anzoleaga (O.), Ballivian (O.), Bustillos (O.), Hochstatter (H), Malatrait (A.), Otazo (N.) 1977 b. -- Plan de Desarrollo urbano de la ciudad de La Paz. Informe geológico no 5. Características litoestratigráficas de la cuenca de La Paz y alrededores. H. Alcaldía de La Paz, Consultoras BRGM-BCOM, Prudencio Claros y Asociados. 35 p., 3 fig. h.t., 4 anexos.
- Calle A. P. 2008, Análisis de Susceptibilidades a Movimientos en Masa del Sector Norte de la Subcuenca Irpavi. Tesis de Grado UMSA, Facultad de Ciencias Geológicas, Carrera de Ingeniería Geológica y Medio Ambiente
- DOBROVOLNY, E. 1962. Geología del Valle de La Paz. Departamento Nacional de Geología, La Paz, Bolivia, Bol., v. 3, p. 1-153.
- DOBROVOLNY, E. 1968. A postglacial mudflow of large volume in the La Paz Valley, Bolivia. U.S.

- Geol. Survey Prof. Paper, 600-C, p. C130-C134.
- Fricke, W., Ch. Samtleben, H. Schmidt-Kaler, H. Uribe & A. Voges, 1964. Geologische Untersuchungen im zentralen Teil des bolivianischen Hochlandes nordwestlich Oruro.- Geol. Jb., 83 : 1-30, 5 Abb, 4 Taf., Hannover.
- GREGORY, H.E., 1913 - The La Paz, Bolivia - American Journal of Science, 36 (4) : 141-50.
- KOSLOWSKI, R., 1923. Ann. Paleont., 12: 1-112
- LAVENU, A., M.G. Bonhome, N. Vatin-Perigon & P. Depachtere, 1989. Neogene magmatism in the Bolivian Andes between 16' S and 18" S: Stratigraphy and K/Ar geochronology. Journal of South American Earth Sciences, 2 (1) : 35-47.
- SERVANT, M. 1977. Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes tropicales en Bolivie. Bulletin APEQ. Recherches Francaises sur le Quaternaire, INQUA, 1 (50).323-327.
- Troll, C., and R. Finsterwalder. 1935. Die Karten der Cordillera Real und des Talkessels von La Paz (Bolivien) und de Diluvialgeschichte der zentralen Anden. Petermanns Geog. Mitt., v. 81, p. 393-455.
- GEOBOL, 1967, Hoja Geológica La Paz N° 5944

Contenido

MAPA DE RIESGOS DE LOS DISTRITOS URBANOS	1
DEL MUNICIPIO DE LA PAZ 2011	1
MEMORIA EXPLICATIVA.....	¡Error! Marcador no definido.
MAPA DE RIESGOS DE LOS DISTRITOS URBANOS	1
DEL MUNICIPIO DE LA PAZ.....	1
MEMORIA EXPLICATIVA.....	1
Resumen.....	1
Antecedentes	2
1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 EL MUNICIPIO DE LA PAZ	3
1.1.1 Localización.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA URBANA	4
1.2.1 Clima	4
1.2.2 Topografía	5
1.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	6
1.3.1 Amenaza	6
1.3.2 Análisis de vulnerabilidad	6
1.3.3 Análisis Multicriterio	6
1.3.4 Elemento en riesgo.....	6
1.3.5 Evaluación Espacial Multicriterio (SMCE) - Ilwis	7
1.3.6 Normalización o Estandarización.....	7
1.3.7 Proceso Analítico Jerárquico	7
1.3.8 Riesgo	8
1.3.9 Territorio Urbano	8
1.3.10 Vulnerabilidad.....	8

MAPA DE RIESGOS 2011

1.3.11	Vulnerabilidad socioeconómica	8
1.4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL VALLE DE LA PAZ	9
1.4.1	Geología del Valle de La Paz	9
1.4.2	GEOMORFOLOGÍA GEOLOGÍA DEL VALLE DE LA PAZ.....	42
1.4.3	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL VALLE DE LA PAZ.....	48
1.4.4	TECTÓNICA EN EL VALLE DE LA PAZ.....	54
2	MAPA DE AMENAZAS	56
2.1	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	57
2.2	LA PONDERACIÓN DE LAS AMENAZAS GEODINÁMICAS DEL VALLE DE LA PAZ	61
2.2.1	MAPA GEOLÓGICO.....	61
2.2.2	MAPA DE PENDIENTES.....	62
2.2.3	MAPA GEOMORFOLÓGICO	63
2.2.4	MAPA GEOTÉCNICO	63
2.3	GENERACIÓN DEL MAPA DE AMENAZAS DEL VALLE DE LA PAZ.....	64
3	MAPA DE VULNERABILIDADES	67
3.1	MARCO METODOLÓGICO.....	67
3.2	REFERENCIA GEOGRÁFICA Y ESCALA DE TRABAJO.....	68
3.3	FUENTE DE LA INFORMACIÓN	68
3.4	PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	68
3.4.1	Homogeneización de cartografía	68
3.5	HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y BASES DE INFORMACIÓN	69
3.6	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	69
3.6.1	Primera Etapa – Delimitación del Área de Evaluación (Distritos urbanos) .	69
3.6.2	Segunda Etapa – Agrupación sistemática de variables.....	71
3.6.3	Tercera Etapa – Estandarización y Ponderación de variables.	74
3.7	Descripción del Método Ponderación por Orden de Jerarquía.....	75

MAPA DE RIESGOS 2011

3.8	Método Directo de asignación de pesos	76
3.8.1	Factor Poblacional	76
3.8.2	Factores Físicos	79
3.8.3	Servicios Básicos	81
3.8.4	Factor Económico.....	82
3.8.5	Factor Apoyo Institucional.....	83
3.8.6	Factor Elementos esenciales	83
3.9	Cuarta Etapa –Reclasificación de unidades por Grado de Vulnerabilidad.....	87
3.10	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
3.10.1	Productos Obtenidos	89
3.11	Descripción de los Productos Obtenidos	90
3.11.1	Mapa de Vulnerabilidad - Factor Poblacional.....	90
3.11.2	Mapa de Vulnerabilidad - Factor Físico.....	90
3.11.3	Mapa de Vulnerabilidad - Apoyo Institucional	90
3.11.4	Mapa de Vulnerabilidad - Factor Económico.....	91
3.11.5	Mapa de Vulnerabilidad - Factor Servicios.....	91
3.11.6	Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica.....	91
3.11.7	Mapa Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica - Reclasificado.....	91
4	MAPA DE RIESGOS	93
4.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL RIESGO	93
4.1.1	Dinámico y Cambiante.....	93
4.1.2	Diferente Percepción Del Riesgo en la Sociedad.....	93
4.1.3	Antrópico	93
4.2	METODOLOGÍA.....	94
4.2.1	Primera Etapa - Revisión del Mapas Insumo.....	94
4.2.2	Segunda Etapa - Construcción del Modelo de Evaluación	94
4.2.3	Tercera etapa - Revisión de Resultados y Caracterización de Zonas	96

MAPA DE RIESGOS 2011

4.3	DESCRIPCIÓN DE LOS GRADOS DE RIESGO	97
4.3.1	Riesgo Muy bajo.....	98
4.3.2	Riesgo Bajo	98
4.3.3	Riesgo Moderado	98
4.3.4	Riesgo Alto	99
4.3.5	Riesgo Muy Alto	99
4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	100
4.4.1	Áreas de Riesgo Muy Alto	100
4.4.2	Descripción de las Áreas de Muy Alto Riesgo.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. MAPA GEOLOGICO DE LA PAZ BRGM - BCEOM	58
Tabla 2. Ponderacion de las variables de Amenaza	65
Tabla 3. Listado de cartografía básica	72
Tabla 4. Factor Poblacional	72
Tabla 5. Factores Físicos	73
Tabla 6. Factores Económicos	73
Tabla 7. Factor Apoyo y Política Institucional	73
Tabla 8. Factor Apoyo y Política Institucional	74
Tabla 9. Pesos por número de variables	76
Tabla 10. Tabla Resumen de Indicadores	88
Tabla 11. GRADOS CUALITATIVOS	88
Tabla 12. Relación de Grados por Superficie y Porcentaje	92
Tabla 13. Descripción de Grados de Riesgo	97
Tabla 14. Grados de Riesgo y su coloracion en el plano	100
Tabla 15. Áreas de riesgo muy alto identificados en áreas de expansión urbana en el macro distrito Sur - 5.	102
Tabla 16. Áreas de riesgo muy alto controlados con obras de contención y obras de control de aguas subterráneas en el macro distrito Sur - 5	102
Tabla 17. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Sur 5	103
Tabla 18. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Sur - 5 con presencia de deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años	103
Tabla 19. Áreas de riesgo muy alto controlados con obras de contención y obras de control de aguas subterráneas en el macro distrito San Antonio – 4	105
Tabla 20. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito San Antonio – 4	106
Tabla 21. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito San Antonio - 4 con presencia de deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años	106
Tabla 22. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Cotahuma – 1	107
Tabla 23. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Cotahuma - 1 con deformaciones altas y moderadas identificadas en los dos últimos años.	107
Tabla 24. Áreas de riesgo muy alto identificados en áreas de expansión urbana en el macro distrito Periférica – 3	108

MAPA DE RIESGOS 2011

<i>Tabla 25. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Periférica – 3</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 26. Áreas de riesgo muy alto y controlado relativamente con movimientos de tierra, en el macro distrito Mallasa – 1</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 27. Áreas de riesgo muy alto en el macro distrito Mallasa - 6 con deslizamientos locales y derrumbes a causa de erosión de pie de talud, identificadas en los dos últimos años.</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 28. AREAS DE RIESGO MUY ALTO EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ</i>	<i>113</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. División Política del Municipio de La Paz</i>	4
<i>Ilustración 2. Formación Belén, cubierto en discordancia por sedimentos de la formación Huallaconi, en la Rinconada</i>	13
<i>Ilustración 3. Formación Sica Sica, sobrepuesta tectónicamente sobre sedimentos de la Formación Luribay, en el Gramadal.</i>	13
<i>Ilustración 4. Formación Luribay, sobrepuesta tectónicamente por sedimentos de la Formación Belén, en la serranía de Vilaque.</i>	15
<i>Ilustración 5. Formación Luribay, toma próxima a la Muela del Diablo facies fluviales en areniscas y conglomerados, con fallas inversas.</i>	16
<i>Ilustración 6. Formación Huacallani, facies de abanicos aluviales, capas inclinadas hacia el sudeste, ingreso a la población de Huacallani.</i>	16
<i>Ilustración 7. Subvolcánico Muela del Diablo, extruyendo a través de sedimentos paleozoicos y neógenos, en el sitio homónimo.</i>	17
<i>Ilustración 8. Capas subhorizontales de facies fluvioacustres de la Formación la Paz, zona de Ovejuyo sector Huancané.</i>	19
<i>Ilustración 9. Depósitos del primer evento glacial Calvario, zona Alto Tejar, quebrada Coa Coa.</i>	19
<i>Ilustración 10. Depósitos aluviales gravosos de la Formación Purapurani, zona oeste, curva de la autopista cerca del alto de Munaypata.</i>	21
<i>Ilustración 11. Afloramiento de la Toba Kaluyo en el valle homónimo, encima de ella depósitos glaciales de la glaciación Kaluyo.</i>	21
<i>Ilustración 12. Afloramiento de las gravas fluvioglaciales de Kaluyo a la altura del peaje de la Autopista, la capa gris es el tope y constituye el nivel de erosión 4. Las gravas encima de este nivel son las gravas del Altiplano.</i>	24
<i>Ilustración 13. Vista de Google earth, de las morrenas de la Glaciación Milluni, en primer plano la Morrena de Milluni con su valle glacial al medio y sus lagunas en rosario.</i>	24
<i>Ilustración 14. Vista de la ceja del Alto en Rosaspampa, el contacto discordante de las gravas del Altiplano sobre la Formación La Paz.</i>	25
<i>Ilustración 15. Vista del escarpe de deslizamiento de Metropolitana, las capas gris marrón son las gravas Pampahasi y las capas de color beige infrayacentes son sedimentos deslizados. En la ceja de Pampahasi el barrio de Cervecería.</i>	25
<i>Ilustración 16. Vista de las morrenas terminales de la glaciación Choqueyapu I, cabeceras del río Irvavi próximo a la comunidad Lorokhota.</i>	29
<i>Ilustración 17. Vista de la corona de deslizamiento de Limanipata, en la ceja de Huaripampa y el paisaje de Hummocky desarrollado en el sector de 5 lagunas.</i>	29

MAPA DE RIESGOS 2011

<i>Ilustración 18. En el valle de Kaluyo el río homónimo ha cortado los sedimentos finos del episodio lacustre de Limanipata, como consecuencia del represamiento sufrido por el deslizamiento de Limanipata.</i>	30
<i>Ilustración 19. Vista de la terraza Miraflores en el valle del río Orkhojahuirá, 10 metros por debajo de la zona de Miraflores se observa la capa arcillosa de un flujo de barro interestratificado.</i>	30
<i>Ilustración 20. Vista del valle de Kaluyo, en el centro de la foto se observan ondulaciones producidas por el evento glacial Choqueyapu II.</i>	31
<i>Ilustración 21. Vista de los flujos de barro en la zona oeste, en la prolongación Illampu.</i>	31
<i>Ilustración 22. Vista del torrente de barro de Peña Azul en las cabeceras de la quebrada Koani.</i>	32
<i>Ilustración 23. Vista de la meseta de Alto Irapavi producto de un torrente de barro, cuando las lagunas glaciales de la Glaciación Choqueyapu colapsaron y dieron origen a este flujo.</i>	32
<i>Ilustración 24. Vista del gran deslizamiento de Achocalla, al fondo la inmensa corona del deslizamiento desarrollada en la ceja del Altiplano, al medio los bloques rotados sector de las lagunas y en el medio y extremo izquierdo de la foto el gran flujo de barro en el</i>	36
<i>Ilustración 25. Vista de una foto aérea de 1957, de la zona de la Florida, las parcelas gris claro corresponden a los sedimentos lacustres finos del Lago Calacoto, limitado al NE por la calle Benito Juárez y al SE. Por el río que la separa de la serranía de Aranjuez.</i>	36
<i>Ilustración 26. Vista de la zona de Achumani urbanizando las terrazas actuales del río homónimo, al fondo a la derecha las terrazas antiguas de este río.</i>	38
<i>Ilustración 27. Vista del deslizamiento de Allpacoma, en el margen izquierdo del río homónimo y como se han formado una lagunas sobre la base de la corona de este deslizamiento.</i>	39
<i>Ilustración 28. Vista de las cabeceras del río Warisani sector de Santa Bárbara, deslizamientos activos en superficies casi horizontales solamente por saturación de aguas de los suelos.</i>	39
<i>Ilustración 29. Vista del gran abanico aluvial de Ovejuyo, sitio de descarga de las quebradas</i>	40
<i>Ilustración 30. Vista del valle de Kaluyo y los depósitos aluviales actuales que están siendo explotados por áridos.</i>	40
<i>Ilustración 31. Vista del deslizamiento de Pampahasi bajo Central a los pocos días el suceso.</i>	41
<i>Ilustración 32. Vista del deslizamiento de Pampahasi bajo Central a los tres meses después del suceso.</i>	41
<i>Ilustración 33. Vista de la Corona del deslizamiento de Pampahasi Bajo Central.</i>	43
<i>Ilustración 34. Vista de los proceso de erosión diferencial con la conformación de pirámides de tierra en el río Ovejuyo.</i>	44
<i>Ilustración 35. Vista de los procesos de erosión interna en Llojeta Bajo, drenaje dendrítico muy denso y el deslizamiento del cementerio jardín, foto aérea de 1930.</i>	44
<i>Ilustración 36. Mapa de Ubicación Corte A' – B'</i>	59
<i>Ilustración 37. Corte Geológico A' - B' del Pilocuatnario de La Paz. BRGM - BCEOM</i>	60
<i>Ilustración 38. Vista área urbanizada del Municipio de La Paz - Macrodistrictos urbanos</i>	70

MAPA DE RIESGOS 2011

<i>Ilustración 39. Diferencia Macrodistritos vs. Zonas Censales INE</i>	71
<i>Ilustración 40. Grafico descriptivo</i>	75
<i>Ilustración 41. Árbol de Criterios - SMCE ILWIS OS</i>	76
<i>Ilustración 42. Esquema de Análisis Detalle de incorporación por nivel etario</i>	77
<i>Ilustración 43. Esquema de Análisis</i>	78
<i>Ilustración 44. Esquema de Análisis – SF Población Ocupada por Categoría. Ocupacional</i>	78
<i>Ilustración 45. Esquema de Análisis – SF Tenencia de Vivienda</i>	79
<i>Ilustración 46. Esquema de Análisis - Factores Físicos</i>	80
<i>Ilustración 47. Esquema de Análisis - SF Estructural de la Vivienda</i>	81
<i>Ilustración 48. Esquema de Análisis – SF Servicios Básicos</i>	82
<i>Ilustración 49. Esquema de Análisis – Factor Económico</i>	83
<i>Ilustración 50. Árbol de Criterios - SMCE ILWIS OS</i>	83
<i>Ilustración 51. Esquema de Análisis - Servicios</i>	83
<i>Ilustración 52. Esquema de Análisis</i>	84
<i>Ilustración 53. Esquema de Análisis – GR Centros de Salud</i>	85
<i>Ilustración 54. Esquema de Análisis - Cementerios</i>	86
<i>Ilustración 55. Cobertura de Transporte Público</i>	86
<i>Ilustración 56. Histograma Mapa Índice de Vulnerabilidad</i>	87
<i>Ilustración 57. Comparativo por grados (Num de pixeles)</i>	92
<i>Ilustración 58. Flujograma Mapa de Riesgos</i>	95
<i>Ilustración 59. PESOS POR FACTOR DE VULNERABILIDAD EN PORCENTAJE</i> ____ ¡Error! Marcador no definido.	
<i>Ilustración 60. PESOS POR MAPAS PARA AMENAZS POR REMOCION EN MASA EN PORCENTAJE</i> _____ ¡Error! Marcador no definido.	
<i>Ilustración 61. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO SUR – 5</i> _____	101
<i>Ilustración 62. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO SAN ANTONIO – 4</i> __	105
<i>Ilustración 63. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO COTAHUMA – 1</i> ____	106
<i>Ilustración 64. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO PERIFERICA – 3</i> _____	108
<i>Ilustración 65. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO COTAHUMA – 1</i> ____	109
<i>Ilustración 66. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO MALLASA – 6</i> _____	110
<i>Ilustración 67. DISTRIBUCION DEL RIESGO EN PORCENTAJE EN EL MACRODISTRITO MAX PAREDES – 2</i> __	111