



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE LOGÍSTICA PARA LA SEGURIDAD Y
CONVIVENCIA CIUDADANA (EMSEGURIDAD)**

CONTRATO: 11-SC-2016

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL
RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE
LA PARROQUIA CALDERÓN, DISTRITO METROPOLITANO
DE QUITO**

INFORME FINAL

CONSULTOR:

Ing. Marco Rivera

EQUIPO TÉCNICO DE REALIZACIÓN:

Ing. Marco Rivera, Director del Proyecto

Ing. Aníbal Salazar Albán, Consultor

Ing. Armando Carvajal, Consultor,

Biol. Mónica Arellano

Ing. Francisco Yépez

Soc. Jaime Arévalo

Ing. Bernardo Álvarez, Consultor

PHD. Remigio Galarraga, Consultor

MSc. Dennis Salazar, Consultor

CARTOTECNIA S. A., Restitución aerofotogramétrica

Julio -2017

CONTENIDO

VOLUMEN I GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

- ❖ **CAPÍTULO I**
INTRODUCCIÓN

- ❖ **CAPÍTULO II**
ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

- ❖ **CAPÍTULO III**
METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA ESPECÍFICO PARA EL DESARROLLO DE LAS FASES DE TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

- ❖ **CAPÍTULO IV**
GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

- ❖ **CAPÍTULO V**
CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

- ❖ **CAPÍTULO VI**
ESTUDIO AMBIENTAL

CONTENIDO

VOLUMEN II

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS VULNERABILIDADES Y RIESGO

- ❖ **CAPÍTULO VII**
*IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS GENERAL DE LAS AMENAZAS
NATURALES Y ANTRÓPICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO*

- ❖ **CAPÍTULO VIII**
*ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA – SUSCEPTIBILIDAD POR
INESTABILIDAD DE TERRENOS*

- ❖ **CAPÍTULO IX**
GEOTECNIA

- ❖ **CAPÍTULO X**
EVALUACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

- ❖ **CAPÍTULO XI**
ANÁLISIS DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

CONTENIDO

VOLUMEN III

MEDIDAS Y ACCIONES PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS Y REHABILITACIÓN AMBIENTAL

- ❖ **CAPÍTULO XII**
MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO
- ❖ **CAPÍTULO XIII**
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO
- ❖ **CAPÍTULO XIV**
MONITOREO DE ZONAS INESTABLES Y PROGRAMA DE INTERVENCIÓN SOCIAL
- ❖ **CAPÍTULO XV**
GEODATABASE CON LA INFORMACIÓN DE LA CARTOGRÁFICA OBTENIDA
- ❖ **CAPÍTULO XVI**
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- ❖ **BIBLIOGRAFÍA**

CONTENIDO

VOLUMEN IV

ANEXOS

- ❖ *SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA*
- ❖ *LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO*
- ❖ *CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA*
- ❖ *DIAGNOSTICO AMBIENTAL*
- ❖ *GEOTECNIA*
- ❖ *VULNERABILIDAD SOCIO ECONÓMICA Y FÍSICA*
- ❖ *MAPAS*

ÍNDICE

VOLUMEN I

PRODUCTO 1: GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Presentación
Acrónimos
Glosario de Términos

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Alcance	4
1.4	Productos Esperados	4

CAPÍTULO II ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

2.1	Recopilación de información	7
2.2	Análisis, Validación y Sistematización de la Información	10
2.3	Síntesis de la Información	11
2.4	Síntesis del Levantamiento Topográfico de la zona	13

CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA ESPECÍFICOS PARA EL DESARROLLO DE LAS FASES DE TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

3.1	Primera Fase: Identificación y Caracterización de Amenazas y Vulnerabilidades	16
3.2	Segunda Fase: Análisis y Evaluación de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgo	19
3.3	Tercera Fase: Propuesta de Medidas para Reducir el Riesgo por Inestabilidad del Terreno	19
3.4	Cronograma del Proceso Metodológico	20

CAPÍTULO IV GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

4.1	Geología Regional	23
4.2	Geología Local	27
4.3	Geomorfología	34
4.4	Tectónica Local y Estructuras asociadas	44
4.5	Volcanismo del DMQ	47

CAPÍTULO V CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

5.1	Análisis Climatológico	
5.2	Análisis Hidrogeológico	51
		68

CAPÍTULO VI ESTUDIO AMBIENTAL

6.1	Diagnóstico Ambiental y uso del suelo de la zona de estudio	71
-----	---	----

PRESENTACIÓN

La zona conocida como Laderas de San Francisco dentro la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito, está expuesta al impacto generado por múltiples amenazas. Datos históricos evidencian importantes eventos originados por condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas, entre otras fuentes.

En la zona han ocurrido varios eventos tales como: derrumbes, deslizamientos, caída de bloques, que producen pérdida física de terrenos y pone en peligro a las viviendas, población e infraestructura existente.

Con las lluvias de los últimos años se reactivaron varios deslizamientos ubicados en la zona, afectando las vías de comunicación y numerosas viviendas; es así como, el 26 de enero de 2016, el Dr. Mauricio Rodas E. Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito, suscribió la Resolución de Declaratoria de Emergencia No. 001, sustentado en los artículos 60, literal p), y 90 literal p) del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Según lo estipulado en el Artículo 1 de esta resolución se declara “la emergencia al sector Laderas de San Francisco en la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito...” a consecuencia de las intensas precipitaciones ocurridas en el DMQ.

La presente Consultoría está enfocada a la prestación de Servicios Profesionales para realizar el “Estudio, Análisis y Evaluación Integral del Riesgo en el Sector Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón, Distrito Metropolitano de Quito” cuya superficie aproximada asciende a 315 hectáreas, con la finalidad de contar con una herramienta que permita llevar a cabo la Planificación y Desarrollo del Territorio y proponer estrategias y medidas tanto preventivas como de reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazo.

Ing. Marco Rivera
Consultor

ACRÓNIMOS

AVC

Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades

COOTAD

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

DMQ

Distrito Metropolitano de Quito

DMGR

Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos

EIA

Estudio de Impacto Ambiental

EMS

Escala Macrosísmica Europea

EP EMSEGURIDAD

Empresa Pública Metropolitana de Logística para La Seguridad y Convivencia Ciudadana

Fm.

Formación. Para referirse a Formaciones Geológicas

FRM

Fenómenos de Remoción en Masa, Terrenos Inestables, Movimientos de terrenos en masa

Fs.

Factor de Seguridad

GPS

Sistema de Posición Global

IG-EPN

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

IGM

Instituto Geográfico Militar

INAMHI

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INIGEMM

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico

MAE

Ministerio del Ambiente

MDMQ

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

QFS

Sistema de Fallas de Quito

SAT

Sistema de Alerta Temprana

SENPLADES

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

SHP

Shape File. Formato de archivo informático de ESRI

.shp

Archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos

SIG

Sistema de Información Geográfica

SPT

Ensayos de Penetración Estándar

SUCS

Clasificación Unificada de Suelos

TDR's

Términos de Referencia

TULAS

Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

UNISDR

United Nations International Strategy for Disaster Reduction

USLE

Universal soil loss Equation

UTM

Universal Transverse Mercator. Sistema de Coordenadas

TMQ

Transverse Mercator Modificada Quito

VI

Valle Interandino

WGS 84

World Geodetic System 84

ALERTA TEMPRANA

“Provisión de información oportuna y eficaz a través de instituciones identificadas, que permiten a individuos expuestos a una amenaza, la toma de acciones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para una respuesta efectiva. Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades políticas y población; así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas.”¹

AMENAZAS NATURALES

“Procesos o fenómenos naturales que tienen lugar en la biosfera que pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Las amenazas naturales se pueden clasificar por su origen en: geológicas, hidrometeorológicas o biológicas.”²

AMENAZA GEOLÓGICA

“Procesos o fenómenos naturales terrestres, que puedan causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. La amenaza geológica incluye procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como terremotos, tsunamis, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas; así como procesos externos (exógenos) tales como movimientos en masa: Deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos, deslizamientos marinos y subsidencias. Las amenazas geológicas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efectos.”³

¹ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

² *Idem*

³ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS

“Procesos o fenómenos naturales de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico, que pueden causar daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Ejemplos de amenazas hidrometeorológicas son: inundaciones, flujos de lodo y detritos, lluvia y vientos y otras tormentas severas; sequía, desertificación, incendios forestales, temperaturas extremas, tormentas de arena o polvo.”⁴

AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

El concepto de “Fenómenos de Remoción en Masa” se fundamenta en el desplazamiento que experimenta un pequeño o gran volumen de roca o suelos en la superficie de la tierra por falla de terreno, cuyo elemento motor principal es la gravedad terrestre que puede causar daños a las personas y sus bienes y obras de infraestructura que el hombre ha construido en la superficie terrestre.

AMENAZA SÍSMICA

Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, en una región o sitio específico

durante un periodo dado, que puede causar daños a las personas sus bienes y obras de infraestructura que el ser humano ha construido durante su existencia.

AMENAZA VOLCÁNICA

Se define como la probabilidad de ocurrencia o recurrencia de una erupción volcánica que puede afectar con sus productos volcánicos (Flujos de lava, flujos piroclásticos caída de piroclásticos y cenizas, gases) a la vida de las personas, sus bienes y obras, que el ser humano ha construido durante su existencia.

⁴ *Idem*

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

“Estudios llevados a cabo para evaluar el efecto sobre un ambiente específico debido a la introducción de un nuevo factor, que puede alterar el equilibrio ecológico existente. EIA es una herramienta que permite formular políticas o regulaciones que sirvan para proporcionar evidencia y análisis de los impactos ambientales de actividades, desde su concepción hasta la toma de decisiones.”⁵

ESCENARIO

“Un escenario es una imagen o visión que describe una situación futura así como la secuencia de eventos que permiten llegar a esa situación. Este método, permite, entonces, transitar desde la situación actual hasta otra situación futura, deseable y posible, describiendo coherentemente dicho tránsito” (Licha, 2000)⁶.

ESCENARIO DE RIESGO

“Es la representación de la interacción de las diferentes amenazas y vulnerabilidades en un territorio y momentos dados. El escenario debe representar e identificar los daños o pérdidas que puedan presentarse en caso de un desastre”⁷

También se puede decir que un escenario es la exposición de éste a una o múltiples amenazas y se puede definir como un conjunto de sistemas, subsistemas y elementos aislados, que conforman un escenario físico, expuestos a similares amenazas y donde los factores de vulnerabilidad presentes potencian el nivel de riesgo de sus componentes.

⁵ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

⁶ *Licha, 2000*

⁷ *Análisis de Tendencias y Construcción de Escenarios, F. Tobar*

EVALUACIÓN DEL RIESGO / ANÁLISIS

“Metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen. El proceso de evaluación de riesgos se basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas, a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo.”⁸

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

“Conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no-estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres.”⁹

MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO-ESTRUCTURALES

“Medidas de ingeniería y de construcción tales como protección de estructuras e infraestructuras para reducir o evitar el posible

⁸ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

⁹ *Idem*

GLOSARIO DE TÉRMINOS

impacto de amenazas. Las medidas no estructurales se refieren a políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público, y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, que puedan reducir el riesgo y consecuente impacto.”¹⁰

MEDIDAS ESTRUCTURALES

“Son aquellas que implican programas de intervención física mediante la construcción de obras civiles, específicamente destinadas a la mitigación del desastre.

Medidas Estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas.

Las Medidas Estructurales comunes para la reducción del riesgo de desastres incluyen las represas, los diques para evitar inundaciones,

las construcciones y los albergues en casos de evacuación.”¹¹

MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

“Son aquellas que no implican ninguna construcción u obra civil; ejemplos de este tipo de medidas son los programas de capacitación y fortalecimiento institucional, sistemas de alerta temprana (SAT), elaboración de planes de emergencia, planes de manejo del suelo y ordenamiento territorial. Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza

el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación”¹².

MITIGACIÓN

“Medidas estructurales y no-estructurales emprendidas para limitar el impacto adverso de las amenazas naturales y tecnológicas y de la degradación ambiental.”¹³

RIESGO

“Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiente) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. Convencionalmente el riesgo es expresado por $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$.

Algunas disciplinas también incluyen el concepto de exposición para referirse principalmente a los aspectos físicos de la vulnerabilidad. Más allá de expresar una posibilidad de daño físico, es crucial reconocer que los riesgos pueden ser inherentes, aparecen o existen dentro de sistemas sociales.”¹⁴

VULNERABILIDAD

“Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos, y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas.”¹⁵

¹⁰ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

¹¹ *Terminologías sobre Reducción del Riesgo de Desastres. UNISDR. 2009*

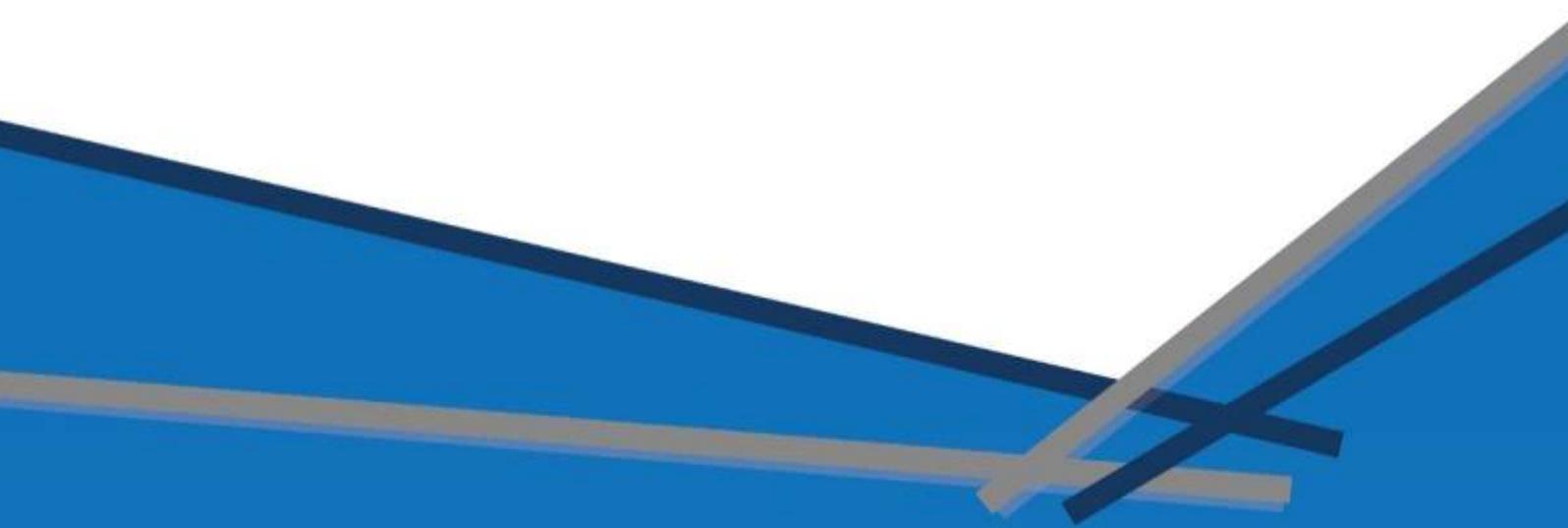
¹² *Terminologías sobre Reducción del Riesgo de Desastres. UNISDR. 2009*

¹³ *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*

¹⁴ *Idem*

¹⁵ *Idem*

CAPÍTULO I

An abstract graphic design featuring several overlapping lines in shades of blue and grey. The lines are thick and have a slight 3D effect, creating a sense of depth and movement. They intersect and curve across the lower half of the page, set against a solid blue background.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Por su ubicación geográfica el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se halla expuesto a varias amenazas de origen geológico e hidrometeorológico como son caídas de ceniza, sismos, lluvias intensas (que generan inundaciones y flujos de lodo); y movimientos de terrenos inestables, mismas que han afectado a la población de la ciudad y sus bienes.

Los movimientos de terrenos se originan por varios factores como la naturaleza de los terrenos (de origen volcánico), pendiente local, mal uso del espacio físico, lluvias intensas y presencia de deslizamientos - colapsos de terreno. También el crecimiento desordenado de la ciudad ha generado asentamientos humanos informales sin los servicios básicos adecuados como agua potable, sistemas de alcantarillado, falta de saneamiento, y generalmente las viviendas son construidas de manera informal, sin considerar las normas de construcción necesarias para contar con edificios seguros y resistentes de cierta manera a eventos adversos.

La zona de estudio se halla ubicada en la Parroquia de Calderón, en el Norte de Quito, tiene pendientes que varían entre 15° - 35° en la zona de "Laderas de San Francisco" y 0° - 15° en "Planada de San Francisco". Los estratos son de origen volcánico, cenizas, brechas y lapilli provenientes de los centros de emisión volcánica como el Pululahua, Mojanda, Rucu Pichincha, entre otros.

Los terrenos se vuelven más inestables una vez que el sector comienza a poblarse, con la apertura de vías de acceso a los terrenos, mal uso de aguas servidas, falta de canalización de aguas lluvias, y la explotación de canteras clandestinas de materiales pétreos han contribuido a la generación de colapsos e intensos procesos erosivos sobre todo en el camino de acceso a la Planada de San Francisco.

Es importante mencionar que la zona donde se ubican estos asentamientos humanos también es peligrosa debido a que se halla cerca de uno de los segmentos del sistema de fallas inversas de Quito, localizada justamente debajo de las zonas pobladas; de hecho el sismo del 12 de agosto del 2014 (Mw: 5.1) ocasionó afectaciones menores (como fisuras) en algunas edificaciones y varios derrumbes de pequeños a moderados, que interrumpieron el tránsito vehicular y peatonal en la única vía de acceso a Planada de San Francisco.

Se debe acotar también que los asentamientos de Laderas de San Francisco, Cristo Rey I y II, Terrazas de Bellavista, Planada de San Francisco, La Libertad, Sol Naciente, Ana María, Julio Zavala, Pueblo Viejo, San Juan, Santa Anita, San Vicente y Los Eucaliptos, presentan diferentes niveles de riesgo ante las amenazas geológicas ya nombradas. Por ello a partir del año 2011, La Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR), Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad (SGSG), han realizado análisis y evaluaciones cualitativas de riesgos en estos

barrios (varios de ellos no regularizados en su momento y otros en proceso de regularización); calificando el riesgo como “Mitigable” o “No Mitigable”. Entre las recomendaciones efectuadas para los casos de Riesgo No Mitigable, se sugirió que los moradores de estas zonas deberían ingresar al “Plan de relocalización emergente de las familias en alto riesgo no mitigable” que brinda el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ).

Con los informes técnicos No. 046-AT-DMGR-2012, 087-AT-DMGR-2013 Y 062-AT-DMGR-2012, se justifica el ingreso de las familias afectadas por la calificación de Alto Riesgo No Mitigable al Plan de Relocalización que es administrado y ejecutado por la DMGR. Actualmente se ha relocalizado a trece familias de Laderas de San Francisco y una de Terrazas de Bellavista en el Proyecto Habitacional “Bellavista de Carretas”; y trece familias de Laderas de San Francisco y seis de Terrazas de Bellavista en el Proyecto Habitacional “Ciudad Bicentenario”.

En el año 2014-2015 se realizó el trabajo de “Actualización de la Zonificación por Amenaza de Deslizamientos en el Distrito Metropolitano de Quito” donde se realizó el levantamiento de inestabilidades a una escala 1:25.000 y se llevaron a cabo estudios semi-detallados a escala 1:10.000, en 8 sectores de la ciudad. La zona de “Laderas de San Francisco” fue una de los sitios escogidos para los estudios detallados de suelos. Esta zona fue catalogada como de Alta Amenaza por deslizamientos, en caso de precipitaciones muy intensas y sismos de magnitud superior a Ms: 6.0; el factor de seguridad fue estimado menor a uno, y por lo mismo se recomendaba la prohibición de nuevas construcciones en la zona y la reubicación de los habitantes que se hallen en zonas de alta amenaza y con casas vulnerables a deslizamientos.

Se iniciaron diálogos entre la comunidad del barrio Laderas de San Francisco y la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad del MQMQ, debido a que la comunidad se muestra reticente a ingresar al proceso de re-aseguramiento, aduciendo que el Municipio ha ofrecido regularizar estos asentamientos desde hace unos 25 años.

El 26 de enero de 2016, el Dr. Mauricio Rodas E. Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito, suscribió la Resolución de Declaratoria de Emergencia No. 001, sustentado en los artículos 60, literal p), y 90 literal p) del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Según lo estipulado en el Artículo 1 de esta resolución se declara “la emergencia en la parroquia urbana de Chilibulo y sector Laderas de San Francisco en la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito...” a consecuencia de las intensas precipitaciones ocurridas en el DMQ.

Con fecha 22 de junio 2016, la Dirección Técnica de Apoyo para la Seguridad basado en el informe de justificativos remitido por la DMGR, solicita a la Gerencia General que se incorpore en el orden del día del próximo directorio, la Contratación de los Estudios, Análisis y Evaluación integral del Riesgo en el Sector Laderas de San Francisco de la Parroquia de Calderón, Distrito Metropolitano de Quito.

El Directorio de la EP EMSEGURIDAD autorizó la contratación de dicha consultoría el 02 de septiembre de 2016, luego de lo cual se inicia el proceso para la contratación del trabajo.

Con fecha 16 de septiembre de 2016 se emite la certificación presupuestaria No. 5681 para el “ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE LA PARROQUIA DE CALDERÓN DEL DMQ”, con cargo a la partida presupuestaria No. 730605000 denominada Estudio y Diseño de Proyectos”, del programa “Gestión de Riesgos”.

Mediante Resolución No. 098-EMS-DCP-2016, del 06 de octubre de 2016, el Ing. Jorge Arguello Miño, Gerente General de la EP EMSEGURIDAD, resolvió autorizar el inicio del proceso, y aprobar los pliegos de Consultoría Lista Corta No. CLC-EMS-001-2016 para la contratación del referido estudio.

El concurso de lista corta se inicia con fecha 06 de octubre 2016, la fecha límite para la entrega de ofertas fue el 28 de octubre 2016 y se reciben dos propuestas para la realización de los trabajos. Una vez realizado el análisis de las mismas, mediante Acta No. 05 de Calificación, del 08 de noviembre de 2016, la Comisión Técnica resuelve pasar a la etapa de negociación con el Ing. Marco Rivera, por haber cumplido los términos de referencia y obtener un puntaje de 93.93 puntos.

Con fecha 07 de diciembre se firma el Contrato No. 11-SC-2016, para la ejecución de la Consultoría: “ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE LA PARROQUIA DE CALDERÓN DEL DMQ”, y una vez entregado el anticipo con fecha 22 de diciembre 2016, se inician los trabajos inherentes al contrato suscrito entre la EP EMSEGURIDAD y el Ing. Marco Rivera Ordóñez.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar y evaluar de manera integral todos los factores que generan riesgo (amenazas naturales o antrópicas, vulnerabilidades y capacidades locales) en el sector conocido como Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón, a una escala adecuada, desde los enfoques geológico, social y ambiental, con el fin de proponer estrategias y medidas tanto preventivas como de reducción de riesgos en el corto, mediano y largo plazo.

Objetivos Específicos

- Evaluar a escalas adecuadas y en detalle, las amenazas y vulnerabilidades identificadas en el área de estudio.
- Definir los escenarios más probables de daños e impactos en caso de generarse un evento de magnitud considerable.
- Zonificar el riesgo por inestabilidad del terreno en el área de estudio mediante la evaluación cuantitativa de las amenazas y vulnerabilidades identificadas.
- Involucrar participativamente a la comunidad afectada por la evaluación del riesgo y brindar asesoramiento que permita su comprensión.

- Generar un sistema comunitario de alerta temprana que permita crear capacidades de respuesta en los habitantes en caso de presentarse alguna emergencia local.
- Diseñar un programa de restauración ecológica en Laderas de San Francisco para recuperar los hábitats y mantener los servicios ecosistémicos y paisajísticos del área de intervención.

1.3 ALCANCE

La consultoría pretende analizar y evaluar de manera integral el riesgo que existe en el sector Laderas de San Francisco de la Parroquia Calderón ante posibles eventos relacionados con la inestabilidad del terreno donde están ubicados. Se realizarán estudios, levantamiento de información y cartografía temática a escala 1:2.500 sobre una superficie aproximada de 315 hectáreas para efectuar reconocimientos generales de la zona de estudio; pero también se desarrollarán otro tipo de análisis, estudios y cartografía, con mayor detalle y resolución, con el fin de caracterizar el terreno, evaluar las amenazas, vulnerabilidades y el riesgo dentro de la zona de mayor interés que comprende alrededor de 45 hectáreas de terreno sobre el cual existen asentamientos humanos e infraestructura.

Con estos insumos, se deberá presentar una propuesta de medidas estructurales (obras) y no estructurales (acciones, protocolos, procedimientos, planes) para reducir el riesgo en este sector y crear capacidades de respuesta en caso de generarse una emergencia local. También se presentará un análisis Costo-Beneficio de las propuestas de mitigación.

1.4 PRODUCTOS ESPERADOS

Producto 1. Generalidades de la Zona de Estudio

- Objetivos y Alcance del Estudio
- Síntesis de la información analizada referente a los estudios previos disponibles relacionados con evaluaciones de amenazas, vulnerabilidades y riesgos que se han desarrollado en la zona de estudio y casos similares.
- Metodología y cronograma específicos para el desarrollo de las fases de trabajo de la consultoría.
- Características Geológicas, Climatológicas, Hidrogeológicas y Ambientales.
- Topografía de la zona de estudio y modelo tridimensional de la misma a escala 1:2.500.

Producto 2. Caracterización y Evaluación de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgo

- Identificación y análisis general de las amenazas en la Zona de Estudio
- Ensayos de Penetración Estándar (SPT) – Calicatas / Mecánica de Suelos
- Caracterización Geotécnica del Terreno
- Análisis de la estabilidad de laderas (Método de equilibrio límite)
- Modelo geológico - geotécnico del terreno

- Zonificación y evaluación de la amenaza por inestabilidad de terrenos
- Zonificación y evaluación de vulnerabilidades
- Determinación de escenarios de daños e impactos en caso de generarse eventos de magnitud considerable por inestabilidad del terreno
- Evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo por inestabilidad del terreno
- Anexos que incluyan todos los cálculos, matrices, resultados de ensayos de suelos, cartografía temática, fichas, formularios, fotografías y cualquier insumo técnico relevante

Producto 3. Medidas y Acciones para la Reducción del Riesgo por Inestabilidad del Terreno y Rehabilitación Ambiental

- Medidas de intervención en la zona de estudio
- Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazos.
- Propuesta de plan de rehabilitación ambiental – cierre técnico de las áreas de las canteras clandestinas
- Resultados del análisis “Costo-Beneficio” de las medidas de reducción del riesgo
- Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y vigilancia de las zonas inestables (Resultados Preliminares)
- Programa de capacitación a la comunidad y al personal técnico designado
- Resultados preliminares de la implementación del programa de intervención social en la comunidad para el manejo integral del riesgo
- Diseño de un sistema comunitario de alerta temprana ante potenciales fenómenos asociados a la inestabilidad de terrenos
- Geodatabase con la información cartográfica obtenida durante la consultoría

Producto 4. Informe Final

- Conclusiones y Recomendaciones
- Bibliografía
- Anexos
- Informe Ejecutivo

CAPÍTULO II

**SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN
ANALIZADA**

CAPÍTULO II

SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN ANALIZADA REFERENTE A LOS ESTUDIOS PREVIOS DISPONIBLES

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización de la Consultoría en cumplimiento al Contrato y los Términos de Referencia se procedió a la recopilación de la información Técnica existente, tanto en el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, así como en otras Instituciones del Conocimiento, mismas que constituyen las Fuentes de Información Técnica como base para la ejecución de los estudios.

2.1.1 Fuentes de Información Técnica

Base Topográfica y Cartográfica del Sector Laderas de San Francisco:

- Instituto Geográfico Militar: Cartografía a escala 1:25.000
- SIG TIERRAS: Fotografía aérea digital color a escala 1:30.000.
- Vuelo fotogramétrico digital a color a escala 1:1.000 tomadas con un Dron
- Restitución digital a escala 1:2.500 de aproximadamente 315 Ha.
- Restitución digital a escala 1:1.000 de aproximadamente 45 Ha.

Hidrología:

- Información meteorológica disponible en el INAMHI.

Geología y Sísmica:

- Hoja Geológica San Antonio de Pichincha escala 1:25.000 (Dirección General de Geología y Minas, 1982)
- Tesis de Grado de la Escuela Politécnica Nacional (Villagómez D. & Pacheco D, 2013)
- Información disponible en el Instituto Geofísico de la EPN

2.1.2 Documentos recopilados

En total se recopilaron cuarenta y seis (46) documentos técnicos en formato digital:

Albuja Luis, Almendariz Ana, Barriga Ramiro, Mena Patricio. *Inventarios de los Vertebrados del Ecuador*. 1993.

Alvarado, Alexandra et al. *Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity*. 2015

Astrálaga Margarita, Narváez Iván, Albornoz Paola. *Perspectivas del ambiente y cambio climático en el medio urbano*. 2011

- Ávila, Guillermo et al. *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Colombia 2015
- Beauval, Céline et al. *Probabilistic seismic hazard assessment in Quito, estimates and uncertainties*. 2014
- Beauval, Céline et al, Hugo Yepes. *An Earthquake Catalog for Seismic Hazard Assessment in Ecuador*. 2013
- CENEPRED. *Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres*. 2013
- Federación Internacional de la Cruz Roja. *Como se hace un AVC*. 2006
- Conesa, Vicente. *Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. 2da. Ed. Mundi — Prensa. España. 1995
- Collazos, Daniel et al. *Un Solidario Porvenir. Recuperación de las quebradas de Quito. University of California .Berkeley*. 2013
- Comité de Voluntarios de Tungurahua (COVOT). *Alianzas Estratégicas y Planes de Atención y Recuperación para los afectados de mayor vulnerabilidad*. 2009
- D' Ercole Robert, Metzger Pascale, Souris Marc. *Introducción a la investigación sobre los Lugares Esenciales del Distrito Metropolitano de Quito*.
- D' Ercole Robert, Metzger Pascale. *La Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*. 2004
- Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgo. *Informes de Evaluación del Riesgo y Medidas de Mitigación. Laderas de San Francisco*. 2012-2014
- Dirección de Geología, Minas y Petróleos. *Mapa Geológico – Hoja San Antonio de Pichincha, escala 1:25.000*. 1982
- Ecociencia. *La Investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica del Ecuador*. Quito. 1993
- FUNEPSA. *Actualización de la Zonificación de la Amenaza por Deslizamientos en la Mancha Urbana del DMQ*. Quito 2015
- Gómez Nelson, Peltre Pierre, Mora Luis y Bustos Guillermo. *Estudios de Geografía Volumen 2, Riesgos Naturales en Quito*. 1989
- Guerrón Ana María, Tacuri Johana. *Análisis de la Influencia de Porcentaje de Finos en la Capacidad de Carga Admisible de la Cangahua en la ciudad de Quito*. 2012
- Hall M.L., Samaniego P., Le Pennec J.L., Johnson J.B. *Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity*. 2008
- Hidrovo, Luis. *Contribución al Estudio de los Fenómenos de Remoción en Masa y su Relación con la Sismicidad en el Ecuador*. Quito 2006

ICA. *Diagnóstico de la Situación Actual de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgos. Sector Turubamba. Segundo Producto.* 2016

Instituto Geofísico. *Evaluación del Peligro Sísmico en los sistemas de abastecimiento de Agua Potable de Quito: Papallacta - Bellavista, La Mica - Quito Sur, Pita-Puengasí, El Placer y Noroccidente.* Quito 2013

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, Banco Mundial. *Guía Metodológica para la Elaboración del Plan de Reasentamiento Poblacional en Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable. Guía Técnica N° 08.* 2014

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, Banco Mundial. *Guía Metodológica para el Inventario de Asentamientos en Zonas de Alto Riesgo.* Colombia 2015

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. *Plan de Uso y Ocupación del Suelo para el Distrito Metropolitano de Quito. Ordenanza Metropolitana N° 0171.* 2012

Oliva Aldo, González Javier. *Evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas. Casos de estudio.* Quito 2015

Oliva Aldo, González Javier. *Inestabilidad del terreno en zonas urbanas de Zaruma y Portovelo. Factores condicionantes y desencadenantes.* 2015

Pacheco, Alejandro. *Estudio Geológico de las Formaciones Cuaternarias en la Zona San Antonio de Pichincha – Pomasqui.* Quito 2013

Proaño, David. *Plan de Emergencias para el DMQ, Bases Fundamentales, Roles y Responsabilidades.* 2012

Prócel, Sandra. *Modelación del Acuífero Pusuquí - San Antonio de Pichincha.* Quito 2008

Quantin Paul, Zebrowski Claude. *Caracterización de formación de la Cangahua en el Ecuador.* Quito 1996

Reina, Luis. *Diagnóstico Ambiental de la Actividad Minera de Materiales Pétreos en las Canteras del Sector de Calderón.* Quito 2013

Rivera, Magno. *Visita Técnica a la Comunidad Caspigasi del Carmen - San Antonio de Pichincha.* 1998

Rivera, Marco. *Análisis y Propuesta para la Prevención de Fenómenos por Deslizamientos en las microcuencas de los ríos Vazcún, Ulba y Lligua en el cantón Baños de Agua Santa. Resumen Ejecutivo.* 2009

Salazar, Aníbal. *Diagnóstico de la Situación de Riesgos de la Parroquia Calderón.* Quito 2014

Salazar, Aníbal. *Plan de Reducción de Riesgos de la parroquia Calderón.* Quito 2014

Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad del MDMQ. *Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito, Segunda Edición*. 2015

Singaucho, JC. *Evaluación de Intensidades Sísmicas*. 2014

Tupiza Alex, D'Ercole Robert y Metzger Pascale. *Valor del Suelo en el Distrito Metropolitano de Quito*. 2001

Villagómez, Diego. *Evolución Geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito-Guayllabamba-San Antonio de Pichincha)*. Quito 2003

Volentik & Houghton. *Tephra fallout hazards at Quito International Airport (Ecuador)*. 2015

Yugsi, Freddy. *Caracterización de los Fenómenos de Remoción en Masa producidos en las Laderas Surorientales del Complejo Volcánico Pichincha*. Quito 2014

Zebrowski, Claude. *Los suelos con cangahua en el Ecuador*. 1996

Zevallos, Othón. *Ocupación de Laderas e Incremento del Riesgo de Desastres en el Distrito Metropolitano de Quito*. 2001

Zevallos, Othón. *Volcanes, laderas, quebradas y ríos: Recuperación y manejo sostenible para el Quito Verde que queremos*. 2011

2.2 ANÁLISIS, VALIDACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

2.2.1 Análisis de la información Documental Disponible

Se procedió al Análisis de la información recopilada, tomando en consideración los aspectos relevantes relacionados con el Objeto de la Consultoría, en forma personal por cada uno de los Consultores participantes en el Proyecto y luego en reuniones de trabajo conjuntas, se dio a conocer la información recopilada, su contenido y su utilidad en los estudios para la evaluación integral del riesgo en el sector Laderas de San Francisco de la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito, conforme a cada una de las especialidades de los profesionales.

2.2.2 Validación de la información disponible

Con toda la información recopilada y contrastada se procedió a validarla, permitiendo iniciar los estudios de consultoría en los diferentes temas de acuerdo a la especialidad de los consultores.

La Validación de la información recopilada es la resultante del análisis y contenido de los documentos existentes, clasificándoles en:

- Documento Base
- Documento de Referencia
- Documento de Consulta

Documento Base: En esta categoría constan todos los informes, estudios y trabajos de investigación que tienen relación directa con el objeto de la Consultoría

Documento de Referencia: En esta categoría se encuentran los documentos de los cuales se obtuvieron datos importantes, conceptos para la zona de estudio, con el fin de facilitar la elaboración del informe, mejorar la comprensión y la interpretación de las definiciones, las categorías y los requisitos de información

Documento de Consulta: Aquí se agrupan los documentos de los que se pueden extraer conceptos y/o definiciones importantes para el estudio como una definición de términos, datos demográficos, referencias históricas de eventos, metodologías de trabajo, etc.

2.2.3 Sistematización de la información documental disponible

Para la Sistematización de la información documental disponible, se diseñó y utilizó una Matriz Excel, misma contiene los siguientes campos: *Número y letra alfabética, Título/Nombre del documento, Tipo de documento, Fecha de elaboración, Fuente, Autor, Objetivo, Contenido, Número de Páginas del documento, Síntesis de la información, Validación del documento, Hipervínculo con el documento técnico, Nombre del Archivo, Ubicación del Archivo, Formato, Alcance Geográfico.*

2.3 SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN

En la “Matriz de Sistematización de la Información Disponible” consta un campo relacionado con la *Síntesis de la Información Analizada Referente a Estudios Previos*, relacionados directamente con el objeto de la Consultoría. La Matriz mencionada consta en el Anexo N° 1 del presente Informe.

En los documentos que han sido catalogados como Documento Base, se hace a continuación una pequeña referencia de la importancia de los mismos.

Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity, Alvarado A (2012); es un resumen de los estudios de la Dra. Alvarado sobre geomorfología, monitoreo de GPS y sismicidad de la ciudad de Quito y la relación con eventos de movimientos de terrenos, constituye un documento base sobre la situación de amenaza de la ciudad, tanto por sismos como por zonas inestables, su génesis y posibles eventos futuros. La falla inversa de Quito puede generar un sismo de Mw. 5.7 para el segmento Carcelén-El Inca; con una recurrencia entre 200-400 años.

Probabilistic seismic hazard assessment in Quito, estimates and uncertainties (2014); Beauval C et al (2014) estudio de la amenaza sísmica en la ciudad de Quito, basado en los sismos históricos, análisis geomorfológico y datos GPS, se concluye que la aceleración máxima en roca: Pick Ground Acceleration (PGA) para un retorno de 475 años es 0,4 g, debiendo tomarse en cuenta que se deben evaluar los efectos de sitio (microzonificación sísmica) y las incertidumbres.

Evaluación del peligro sísmico en los sistemas de abastecimiento de agua potable de Quito: “Papallacta – Bellavista, La Mica – Quito sur, Pita – Puengasí, El Placer y Noroccidente, Instituto Geofísico – EPN (2013). Análisis de la amenaza por sismos en el área urbana de Quito, sobre todo enfocado a los sistemas de conducción de agua potable; establece una mejor correlación usando sismos históricos y sismos determinados por las correlaciones estratigráficas (trabajos previos de Alvarado A). Realiza una evaluación de las aceleraciones sísmicas del terreno en Quito enfocado al análisis del riesgo para el sistema de agua potable de la ciudad. También efectúa una comparación con los resultados de la Microzonificación Sísmica elaborado por el Consorcio ERN de Colombia para el Municipio de Quito

Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito (2015); este nuevo documento contiene información nueva y actualizada, de utilidad para la toma de previsiones a fin de disminuir el riesgo de desastres. Es un aporte al conocimiento y comprensión de las amenazas y vulnerabilidades de los elementos expuestos del territorio, y constituye uno de los esfuerzos para construir una ciudad resiliente.

Evolución Geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito- Guayllabamba- San Antonio). Villagómez (2003); la tesis de grado tiene una descripción detallada de la geología del sector de Guayllabamba y que comprende la zona de Laderas de San Francisco, Guayllabamba, San Antonio de Pichincha y Pomasqui. Es una descripción de la evolución geodinámica de los productos encontrados y su relación con la actividad volcánica reciente, sobre todo del Pululahua y domos dacíticos. Sirve como documento base para determinar la geología y evolución geodinámica de la zona de estudio y de la amenaza volcánica por los centros de emisión cercanos.

Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 2da. Ed. Mundi - Prensa. España. Esta Guía presenta los lineamientos para la estructura de las matrices para calificación y cuantificación de impactos ambientales, además proporciona una metodología de trabajo para el diagnóstico de áreas con problemas ambientales y sus posibles soluciones con respecto a mejorar la calidad de vida de las poblaciones de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

Inventarios de los Vertebrados del Ecuador; La Investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica del Ecuador. 1993. Estos documentos Base nos permite identificar las especies de flora y fauna que se encontraron en la salida de campo para realizar un diagnóstico real de la zona de estudio y recomendar los cuidados sobre estas especies que se encuentran en la misma.

Manual de Restauración de terrenos y Evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geo minero de España. Este documento considerado como Base para el estudio, nos permite investigar sobre los posibles impactos ambientales que se encuentran en las áreas mineras abandonadas en el proyecto Laderas de San Francisco, además nos permite conocer las diferentes acciones que se deben tomar en cuenta para proponer un Plan de Cierre, que adopte las condiciones morfológicas, geológicas y ambientales, donde se

propongan acciones que permitan crear condiciones seguras y ambientalmente favorables con el medio ambiente.

Cómo se hace un AVC? Guía práctica para el personal y los voluntarios de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja; Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (2006), El AVC es una investigación a nivel comunitario que implica el empleo de herramientas participativas para recabar información o de un diagnóstico rápido participativo. Los resultados permiten hacer un inventario de las vulnerabilidades y las capacidades de la comunidad, identificar los riesgos que deben enfrentar y diseñar actividades y proyectos para reducir su vulnerabilidad. El AVC guarda relación con el estudio de consultoría por cuanto las vulnerabilidades identificadas sirven de base para la propuesta de medidas no estructurales para su disminución.

Plan de Uso y Ocupación del Suelo para el Distrito Metropolitano de Quito. Ordenanza Metropolitana Nº 0171 (2012); es un documento de base, que establece los instrumentos de planificación en materia de uso y ocupación del suelo, que reconoce el ordenamiento jurídico del Distrito Metropolitano de Quito.

2.4 SÍNTESIS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA

El objetivo fue realizar la captura 3D de los elementos cartográficos del área de estudio, mediante el software (Summit Evolution), procesado en formato Microstation y obtener la topografía de aproximadamente 315 hectáreas mediante la restitución aerofotogramétrica, utilizando tres fotos tomadas con una cámara Z/I DMC de focal 120 mm. El proceso de restitución consistió en extraer los elementos cartográficos por medio de fotografías aéreas y modelos aero - triangulados los cuales permitieron geo-referenciar con exactitud la información capturada, apoyados en la técnica de visión estereoscópica. El Informe del levantamiento topográfico de la zona consta en el Anexo Nº 2.

El Modelo Digital a escala 1:2.500 fue elaborado sobre la base de la restitución aerofotogramétrica realizada.

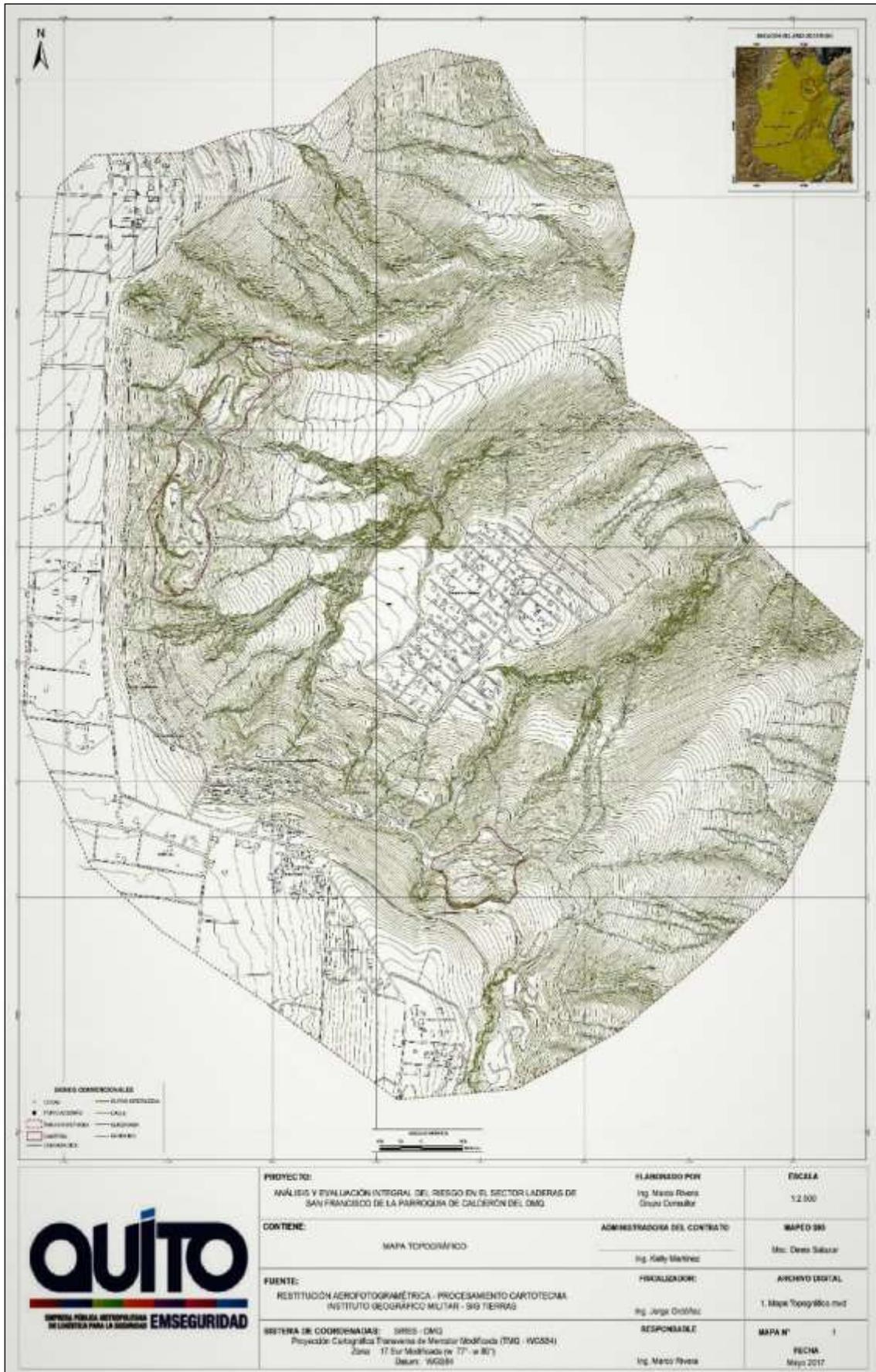


Figura Nº 2.1. Mapa Topográfico de la Zona de Estudio

CAPÍTULO III

**METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA
ESPECÍFICOS**

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA ESPECÍFICOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

Para la realización del proyecto se utilizó la metodología, aprobada por parte de la EP EMSEGURIDAD y la DMGR, misma incluye trabajos de campo y gabinete, se basa en la investigación de campo para determinar el grado de amenaza y vulnerabilidad en la zona; y, trabajos de gabinete para procesar la información y proponer las medidas estructurales y no estructurales necesarias para reducir el riesgo existente en la zona.

3.1 PRIMERA FASE: IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES

Planificación

Comprende el desarrollo de las siguientes actividades:

- Elaborar un cronograma detallado de actividades con la finalidad de realizar el seguimiento del avance del proyecto para alcanzar los objetivos del mismo.
- Validar con los funcionarios del MDMQ la metodología y cronograma de ejecución.
- Recopilar, analizar y validar la información disponible sobre Geología, datos e indicadores sociales, estudios de amenazas, precipitaciones, etc.
- Realizar el taller de arranque del proyecto con los dirigentes barriales y comunitarios, en conjunto con la Administración Zonal Calderón, Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, Dirección Metropolitana de Gestión de la Gobernabilidad, Empresa Pública Metropolitana de Logística para la Seguridad (EP-EMSEGURIDAD), etc.
- Realizar un reconocimiento de campo para identificar los principales accesos a la zona de estudio.
- Socializar el proyecto y lograr un empoderamiento del proceso por parte de la población asentada en la zona de estudio.
- Realizar la restitución aerofotogramétrica de 350 hectáreas a escala 1:2.500 a partir de fotografías aéreas y foto control del IGM del año 2013, con curvas de nivel cada 2 metros.
- Elaborar el modelo digital del terreno.
- Realizar la Fotointerpretación de las fotografías aéreas disponibles de la zona.

Informe de Avance

- Presentar el Informe de Avance del Primer Producto.

Caracterización de la Amenaza - susceptibilidad por FRM

- Realizar la interpretación fotogeológica de la zona de estudio, a fin de identificar las zonas de escarpes activos, erosión intensa, litologías predominantes, etc.
- Digitalizar la interpretación de fotogeología, en formato compatible con un SIG (Arc-GIS), para utilizados con otras fuentes de metadatos.
- Revisar y actualizar los estudios hidrológicos disponibles con los datos de precipitación media anual (mm), precipitación media mensual (mm), precipitación media diaria (mm), temperatura media anual, temperatura máxima y media absoluta, humedad relativa media diaria y precipitación máxima anual en 24 horas de los datos de las estaciones cercanas.
- Realizar el análisis hidrogeológico (infiltración, escorrentía superficial y variación de niveles freáticos causados por precipitaciones máximas), con el objeto de realizar los estudios complementarios de resistividad eléctrica a fin de identificar o descartar la presencia de niveles de rocas saturadas en agua (aguas subterráneas-niveles freáticos).
- Caracterizar el uso del suelo con las fotografías aéreas y levantamiento de campo.
- Realizar el levantamiento geológico de las principales unidades aflorantes en la zona de estudio
- Realizar el inventario de los Movimientos de Terrenos Inestables tales como: deslizamientos, colapsos, zonas de tránsito de flujos de lodo, etc., a escala 1:2.500 en la zona de estudio.
- Ubicar los perfiles para los estudios de suelos (ensayos SPT, toma de muestra directa o con recuperación de testigos), con la finalidad de evaluar sus condiciones. La ubicación se realizó conjuntamente con la Administración y Fiscalización del contrato.
- Toma de muestras de suelos para los ensayos de laboratorio necesarios y determinar la características de los mismos (pe: SUCS, triaxiales, saturados, dinámicos, etc.). Con los resultados de los ensayos de suelos aplicar el programa Slide para determinar el Factor de Seguridad y las condiciones de estabilidad de los taludes y laderas analizando las condiciones estáticas y dinámicas, en suelos secos y saturados.
- Digitalizar la información geológica y de los FRM levantados para integrarlos en un GIS, con la finalidad de aplicar la metodología de factores ponderados y obtener el Mapa de Susceptibilidad - Amenazas por terrenos inestables.
- Elaborar el Mapa de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa (FRM-deslizamientos - colapsos), dividiendo la susceptibilidad - amenaza en cinco rangos: Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy baja).
- Integrar en un Sistema de Información Geográfica (SIG) los resultados obtenidos validados y estandarizados.

- Realizar el estudio de la vulnerabilidad social basado en encuestas y datos de los censos previos, recopilando información sobre las condiciones de vida de los habitantes de los barrios en amenaza.
- Ejecutar el levantamiento por muestreo de la vulnerabilidad física de la zona, en lo referente a las viviendas, vías, líneas de conducción eléctrica, redes de agua potable, alcantarillado y aguas servidas entre otras.
- Llevar a cabo el segundo taller donde se socializó el avance del proyecto con la comunidad para que la misma se empodere del proceso.
- Elaborar el programa de intervención social en la comunidad para la gestión y manejo comunitario del riesgo, verificando el avance del mismo en la comunidad.
- Realizar el seguimiento del avance y evolución de los Fenómenos de Remoción en Masa seleccionados como más peligrosos o más representativos, mediante instrumentos - aparatos de fácil uso por parte de la misma comunidad.
- Diseñar un sistema comunitario de alerta temprana, a fin de que la comunidad se empodere del proceso de gestión de riesgo e identifique las señales que indique una mayor probabilidad de generación de deslizamientos, flujos de lodo, etc.
- Evaluar los resultados preliminares del programa de intervención social en la comunidad, para la comprensión y manejo integral del riesgo y de la implementación del sistema comunitario de alerta temprana.

Estudio Ambiental

- Levantamiento de la línea base ambiental en la zona
- Diagnóstico para determinar el grado de daño ambiental en la zona (por intervención humana directa o indirecta)
- Elaborar el catálogo de las especies de animales y vegetales presentes en la zona de intervención.
- Determinar del impacto ocasionado por la actividad humana como explotación de canteras, procesos de urbanización, deforestación, cultivos para consumo familiar, apertura de vías, etc.
- Diseñar de un sistema de monitoreo de las condiciones ambientales en la zona de estudio.

Informe de Avance

- Segundo Informe de avance con las tablas y resultados de los ensayos de suelos en la zona.

3.2 SEGUNDA FASE: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS, VULNERABILIDADES Y RIESGO

Análisis y Propuesta de Medidas de Intervención para Reducir el Riesgo

- Analizar la información obtenida de la caracterización de la amenaza y estudio de la vulnerabilidad física y social, para definir las zonas críticas y que necesitan intervención inmediata.
- Elaborar la propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazos.
- Elaborar los escenarios de daños e impactos en caso de producirse eventos de magnitud considerable por Inestabilidad de Terrenos.

3.3 TERCERA FASE: PROPUESTA DE MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO POR INESTABILIDAD DEL TERRENO

- Realizar el análisis del “Costo-Beneficio” de las medidas de reducción del riesgo propuestas.
- Realizar el análisis de los resultados del empoderamiento de la comunidad con el sistema de alerta temprana comunitaria ante FRM.
- Llevar a cabo el Monitoreo de las principales variables ambientales para determinar si existe o no mayor deterioro del ambiente.
- Elaborar la propuesta del plan de rehabilitación ambiental en las áreas críticas.
- Llevar a cabo el tercer taller para socializar los resultados del trabajo con la población de las zonas afectadas, con la participación de los funcionarios del MDMQ.
- Elaborar la Geodatabase con la información cartográfica obtenida durante la consultoría

Informe de Avance

- Tercer Informe que contiene el sistema de alerta temprana, mapas preliminares y Geodatabase.

Informe Final

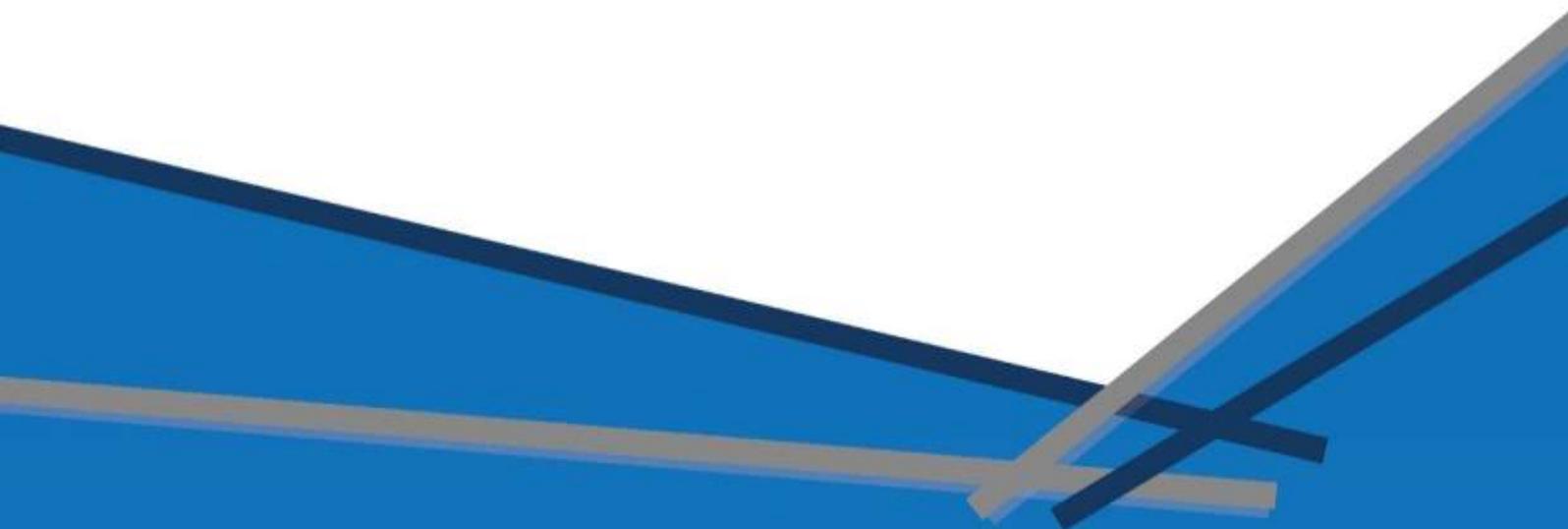
- Elaborar el informe final (6 copias en formato físico y digital) con los resultados de las actividades de cada una de las fases de trabajo, con sus respectivas conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.
- Elaborar el Informe ejecutivo (6 copias en formato físico y digital).

3.4 CRONOGRAMA DEL PROCESO METODOLÓGICO

CRONOGRAMA PARA LOS ESTUDIOS, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE LA PARROQUIA CALDERÓN																				
INGENIERO MARCO RIVERA ORDÓÑEZ - CONTRATISTA																				
PRODUCTOS	MES 1 (30 días)				MES 2 (60 días)				MES 3 (90 días)				MES 4 (120 días)				MES 5 (150 días)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	Dic	Enero			Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
PRODUCTO 1: Planificación y Análisis																				
Elaboración Cronograma de Actividades																				
Reunión de Coordinación de actividades con los funcionarios del MDMQ																				
Recopilación, análisis y validación de la información disponible																				
Taller de lanzamiento del proyecto con la participación comunitaria																				
Reconocimiento de campo para identificar principales accesos																				
Restitución aerofotogramétrica de la zona de intervención																				
Inicio de la fotointerpretación de la zona de estudio																				
Informe de avance del proyecto y del Producto 1 de la Consultoría																				
PRODUCTO 2: Caracterización y evaluación amenazas, vulnerabilidades y riesgo																				
Fotointerpretación (unidades litológicas, escarpes, FRM)																				
Digitalización de la interpretación fotogeológica																				
Análisis y validación del estudio hidrológico de la zona																				
Estudio hidrogeológico con la realización de SEV para determinar la presencia o no de niveles freáticos altos																				
Determinación del uso del suelo mediante fotografías aéreas y levantamiento de campo																				
Inventario de los FRM, levantamiento de fichas descriptivas de los mismos																				
Selección de los sitios para la toma de muestras para el análisis de los suelos, esto se hará en coordinación con la Administración del Contrato																				
Toma de muestras de suelos, con ellos se realizará la caracterización de los mismos																				
Uso del programa Slide para determinar la estabilidad de las laderas de la zona de estudio																				
Digitalización de la información geológica, FRM y aplicar la metodología de factores ponderados																				
Elaboración del Mapa de susceptibilidad, aplicando la metodología de factores ponderados																				
Integración de los resultados en un sistema de GIS																				
Estudio de la vulnerabilidad social (encuestas-censos previos) y levantamiento de encuestas en la zona de intervención																				
Levantamiento por muestreo de la vulnerabilidad física (viviendas, carreteros, tendido eléctrico, conducción de agua potable, etc)																				
Taller de seguimiento y validación del avance del proyecto con los funcionarios del MDMQ y los pobladores de la zona																				
Elaboración de un programa de intervención en la comunidad para la gestión y manejo del riesgo a nivel comunitario.																				
Seguimiento del avance y evolución de los FRM seleccionados con instrumentos de fácil uso por parte de la comunidad.																				
Diseño de un sistema comunitario de alerta temprana para la comunidad de la zona																				
Evaluación de los resultados preliminares del programa de intervención social de la comunidad, y del sistema de alerta temprana																				
Levantamiento de la línea base ambiental en la zona																				
Diagnóstico del daño ambiental en la zona de intervención																				
Catálogo de las especies animales y vegetales en la zona																				
Evaluación del impacto de la actividad humana en Laderas de San Francisco																				
Sistema de monitoreo de las condiciones ambientales en la zona																				
Informe de avance del Proyecto y del Producto 2																				

CRONOGRAMA PARA LOS ESTUDIOS, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN EL SECTOR LADERAS DE SAN FRANCISCO DE LA PARROQUIA CALDERÓN																							
INGENIERO MARCO RIVERA ORDÓÑEZ - CONTRATISTA																							
PRODUCTOS	MES 1 (30 días)				MES 2 (60 días)				MES 3 (90 días)				MES 4 (120 días)				MES 5 (150 días)						
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4			
	Dic	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo									
PRODUCTO 3: Medidas y acciones para la reducción del riesgo por inestabilidad del terreno y rehabilitación ambiental																							
Análisis de la caracterización de la amenaza y vulnerabilidad física y social para definir zonas críticas																							
Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo a corto, mediano y largo plazo																							
Geodatabase con la información cartográfica obtenida																							
Escenarios de daños e impactos en caso de producirse eventos de inestabilidad de terrenos																							
Análisis costo-beneficio de las medidas de reducción del riesgo propuestas.																							
Evaluación de la reubicación de la población asentada en las zonas que sean catalogadas como de alta amenaza																							
Análisis de los resultados del empoderamiento por parte de la comunidad del proceso de gestión de riesgo																							
Monitoreo de las principales variables ambientales para determinar si existe o no mayor deterioro ambiental																							
Plan de rehabilitación ambiental de las áreas críticas																							
Tercer taller para socializar los resultados del trabajo con los funcionarios del MDMQ y la población de las zonas afectadas																							
Informe de avance del Proyecto y del Producto 3																							
PRODUCTO 4: INFORME FINAL																							
Elaboración del Informe Final de la Consultoría																							

CAPÍTULO IV



**GEOLOGÍA DE LA ZONA DE
ESTUDIO**

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Distrito Metropolitano de Quito se halla ubicado en su mayor parte hacia el sur de la línea ecuatorial en Sudamérica, en una zona de convergencia de dos placas tectónicas, la placa Nazca se introduce bajo la placa Sudamericana, este proceso ha sido más determinante desde el Mesozoico lo que determina las características geológicas y fisiográficas de la región.

El Ecuador también se localiza en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico; por ello la ciudad de Quito está rodeada de volcanes activos como el Guagua Pichincha, Reventador, Pululahua, Mojanda y Cotopaxi; cuyos productos volcánicos han afectado históricamente a la ciudad.

En este Capítulo se realizará una revisión de la Geología Regional y Local de la zona norte de la ciudad y específicamente del área de estudio que comprende la región nor-oriental de la Parroquia de Calderón en el sector de Laderas – Planada de San Francisco.

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Existen varios estudios sobre la Geología del Ecuador; tradicionalmente se había dividido en tres ambientes geológicos (se ha compilado la siguiente sección de las Tesis de Grado de Ordóñez J., 2012 y Pacheco D., 2013), estos son: Costa, Sierra y Oriente; no obstante en la actualidad se acepta que el país está conformado por ocho terrenos fisiográficos; cada uno de ellos con características geológicas particulares y limitados por mega-estructuras tectónicas que fueron originados por complejos procesos de colisión/acreción de terrenos alóctonos (Figura N° 4.1.) contra el continente sudamericano (Litherland et al, 1994). Estos terrenos de Este a Oeste son:

- La Cuenca Oriente
- La Zona Sub - Andina
- La Cordillera Real
- El Valle Interandino
- La Cordillera Occidental
- La Costa
- El Bloque Amotape -Tahuín (BAT), y
- La Cuenca Alamor - Lancones (CAL)

La ciudad de Quito y específicamente la zona de estudio al norte de la misma están sobre el valle interandino y tienen la influencia de las Cordilleras Occidental y Real.

4.1.2 El Valle Interandino

Se trata de una depresión tectónica en compresión que está limitada por fallas que coinciden con los límites estructurales de ambas cordilleras (Occidental y Real) y que representan ramales de los sistemas de fallas inversas Peltetec y Pallatanga-Pujilí, respectivamente (Lavenu et al, 1992, 1995). Estructuralmente el Valle Interandino es alargado en sentido NNE-SSW, tiene 300 km de longitud y 25 km de ancho. La depresión se extiende desde la frontera con Colombia al Norte hasta Alausí al Sur y probablemente empezó a formarse desde el Mio-Plioceno. El basamento del Valle Interandino puede ser tectónicamente complejo, involucrando rocas metamórficas, el basamento metamórfico de la Cordillera Real y/o rocas de la Cordillera Occidental y Real como una cuña de acreción (Egüez & Aspden, 1993).

Asimismo, varias hipótesis han sido planteadas sobre la formación del Valle Interandino, como que: 1) el Valle Interandino es una cuenca de tipo “piggy back” formada entre las dos cordilleras desde el Mioceno Tardío, con un desarrollo asociado a pulsos tectónicos (extensivos y compresivos); 2) el Valle Interandino se formó como un graben compresivo (anterior al Plioceno) como producto de un importante levantamiento de los Andes en el Mioceno y que a partir del Plioceno se ha comportado como un “restraining bend” a escala crustal, donde algunos pliegues de tendencia N-S a NNE han sido formados.

La interacción entre los procesos tectónicos y el volcanismo constante de la zona ha dado lugar a la formación de cuencas sedimentarias dentro del Valle Interandino, las cuales han sido rellenadas por secuencias de depósitos volcano-clásticos, volcano-sedimentarios, fluvio-lacustres y aluviales (Figura N°4.2.).

Cubriendo los Andes Septentrionales se halla la Fm. Cangahua como un manto de ceniza volcánica retrabajada, que yace periclinalmente sobre los depósitos más antiguos (Beate et al, 2006). Este depósito tiene composición, espesor y compactación diferente debido a su génesis (dependiendo de la composición de las cenizas-piroclastos de los que provenga), régimen climático, tamaño de grano y forma de transporte (Zebrowski Cl., 1996).

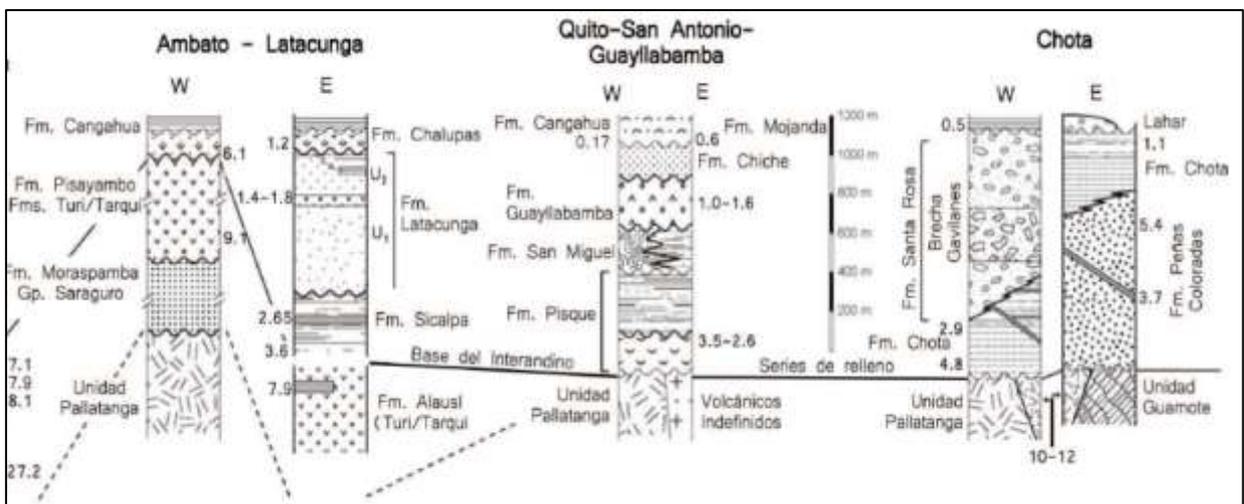


Figura N° 4.2. Columnas estratigráficas de cuencas del Valle Interandino (Tomado de Pacheco D., 2013).

4.1.3 La Cordillera Occidental

El basamento de esta cordillera está formado por dos terrenos de afinidad oceánica.

El más antiguo es el terreno Pallatanga, que es similar al basamento de la Costa (Fm. Piñón), y consiste de rocas ígneas máficas y ultramáficas; las edades de estas rocas están comprendidas entre el Cretácico Temprano a Tardío (Hughes & Pilatasig, 2002).

El terreno más joven es la Unidad Macuchi y está conformado por secuencias volcano-sedimentarias de composiciones basálticas y andesíticas con intrusiones andesíticas de alto nivel (Hughes & Pilatasig, 2002). Geoquímicamente, las rocas volcánicas del terreno Macuchi muestran afinidades con un arco insular. Las edades propuestas para estas rocas caen en un rango que va desde el Paleoceno hasta el Eoceno Tardío (Vallejo et al, 2009).

El Grupo Angamarca (Paleoceno – Eoceno) descansa discordantemente sobre las rocas del arco Río Cala (Vallejo et al, 2009). El Grupo Angamarca está compuesto de turbiditas, areniscas, conglomerados y calizas cuyos componentes detríticos metamórficos sugieren que estas rocas están asociadas a una progresiva exhumación y levantamiento de la Cordillera Real (Hughes & Pilatasig, 2002 y Vallejo et al, 2009). La Figura N° 4.3., muestra la estratigrafía simplificada de la Cordillera Occidental según el informe del CODIGEM-BGS (1997).

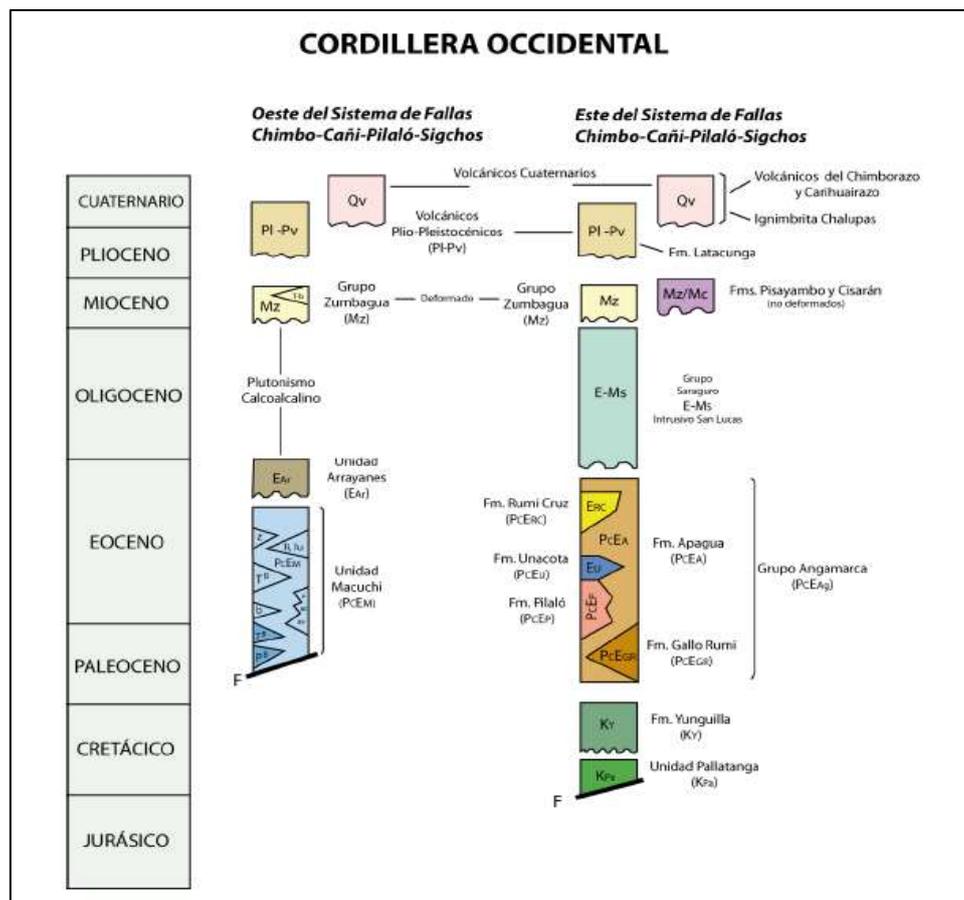


Figura N° 4.3. Estratigrafía simplificada de la Cordillera Occidental, basado en los informes y mapas geológicos de CODIGEM-BGS (1977) – Tomado de Ordóñez J (2012)

Por otro lado durante el Neógeno se formó un arco volcánico calco-alkalino, representado por el Grupo Zumbahua, que muestra evidencias de una fase de deformación que ocurrió entre 10 y 7 Ma, que estaría asociada a tasas relativamente altas de convergencia entre 80 y 90 mm/a. También existen formaciones volcano-sedimentarias (Fm. Cisarán y Pisayambo) que están cubriendo las crestas de las dos cordilleras y que son posteriores a la fase tectónica mencionada debido a que no exhiben evidencias de haber sido deformadas.

4.2 GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio en Laderas de San Francisco se halla morfológicamente dentro del Valle Interandino. Esta estructura geomorfológica involucra varias cuencas en el país (Chota, Quito-Guayllabamba, Latacunga-Ambato), con un relleno sedimentario de edad Mioceno Tardío hasta Holoceno (Figura N° 4.2), que muestran evidencias que durante las etapas iniciales de la formación de las cuencas, ocurrió una extensión local (Villagómez D, 2003).

El mismo autor describe la cuenca de Quito-Guayllabamba como depósitos volcánicos y volcano-clásticos; divididas en dos grandes secuencias separadas por una discordancia mayor.

La secuencia inferior consiste de lavas, tobas, lahares, sedimentos aluviales, fluviales, deltaicos y lacustres que corresponden a las formaciones Pisque y San Miguel. La secuencia superior son depósitos volcánicos primarios, lahares y depósitos fluviales de las formaciones Guayllabamba, Chiche, Machángara, Mojanda y Cangahua.

Estas últimas unidades se formaron por la actividad volcánica de los centros de emisión como son el Rucu y Guagua Pichincha, Casitahua, Pululahua y Antisana, Mojanda – Fuya Fuya, entre otros volcanes que han tenido actividad en los últimos miles de años.

Estratigrafía de la Zona de Estudio

Estudios de Villagómez D. (2003), Pacheco D. (2013) y Jaya (2009) han definido la estratigrafía general de la cuenca (Figura N° 4.4.); cuyo basamento podrían ser rocas del Cretácico, parte del bloque Pallatanga; no obstante parecen existir pocas evidencias que apoyen esta teoría; debido en gran parte a la cobertura volcánica de la parte norte de la ciudad y a los pocos estudios disponibles de volcanes como el Casitahua y Mojanda – Fuya fuya, por ello no se ha podido establecer con certeza el basamento de la secuencia.

4.2.1 Formación Pisque

Se encuentra en la base de la cuenca, está formada principalmente por lavas y brechas andesíticas sobreyacidas por depósitos volcano-clásticos y volcano-sedimentarios, en contacto transicional (Samaniego et al, 1994) o discordante (Villagómez D, 2003); también Lavenu et al (1996) propone que estas lavas y brechas pueden ser solo facies más proximales de los volcano-clastos y volcano-sedimentos. Parte de las lavas fue datada por K/Ar en $1,20 \pm 0,13$ Ma; y también se propone aunque sin mayores pruebas con los volcanes Casitahua y Pambamarca, los cuales tienen dataciones K/Ar en $2,25 \pm 0,25$ Ma, $2,60 \pm 0,06$ Ma; esto ha llevado a ubicar esta Formación en el Plioceno-Pleistoceno. Pacheco (2013), ubica estratigráficamente el Miembro

Casitahua dentro de esta Formación y asociados a esta unidad se incluyen los domos de Catequilla y Pacpo que fueron datados en 833 ± 26 ka y 898 ± 15 ka, respectivamente, por Pacheco (2013).

Esta formación no aflora en la zona de estudio, pero se asume que están bajo las arenas y lahares de la Fm. San Miguel, que está a la base de la secuencia en la cantera San Rafael I.

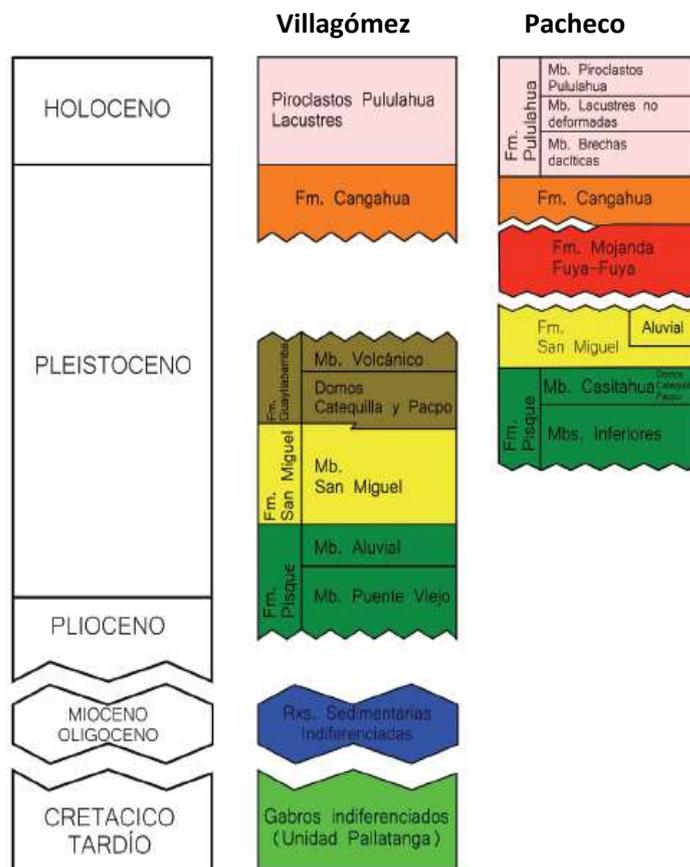


Figura N° 4.4. Estratigrafía Generalizada de la zona norte de Quito
(Tomado de Villagómez 2003 y Pacheco D, 2013)

4.2.2 Formación San Miguel (Pleistoceno – P_{SM})

La Fm. San Miguel está caracterizada como secuencias ricas en material volcánico, formadas en ambientes deltaicos y lacustres, que progradan al este (Villagómez, 2003). Su parte superior ha sido fuertemente deformada, por movimientos y desplazamientos gravitacionales, sin-sedimentarios originados como respuesta a la carga ejercida por flujos laharíticos más jóvenes de la Fm. Guayllabamba (Samaniego et al, 1994).

Villagómez (2003) describe dos miembros, el inferior se depositó en medio acuoso de ambientes fluviales deltaicos y menormente lacustres; aparentemente las facies más proximales están hacia el Oeste, con una o varias fuentes volcánicas de aporte. El miembro superior tiene características lacustres y está limitado a lo que es la actual depresión de Guayllabamba y también hacia los límites Norte y Este de la depresión.

Arenas y lahares de esta formación se han encontrado en la zona de estudio en los niveles inferiores de la Cantera San Rafael I, son depósitos decimétricos- métricos con fallamiento sin sedimentario hacia el tope de las mismas, y seguramente corresponde al miembro inferior de la Fm. San Miguel (Foto N° 4.1). Hacia el tope están cubiertos por niveles de cenizas-tobas color blanco-crema y luego un nivel de avalancha-debris avalancha (Fuya Fuya?)



Foto N° 4.1. Arenas de ambiente fluvial-deltaico de la Fm. San Miguel en la base de la Mina San Rafael I se observan estructuras de fallamiento sinsedimentario al tope

4.2.3 Formación Guayllabamba

A la sobreyacente Fm. Guayllabamba se la ha asociado con un periodo de intensa actividad volcánica y tectónica (Villagómez et al, 2003). Hacia el sur-este (zona de Quito) esta formación está caracterizada como una secuencia de depósitos volcánicos primarios (lava, flujos piroclásticos), mientras que al norte (zona de Guayllabamba) principalmente está compuesta de flujos laharíticos, que rellenaron el lago existente (Fm. San Miguel). Nuevos estudios ubican los domos de Catequilla y Pacpo en la Fm. Guayllabamba (Pacheco D., 2013).

Principalmente, en base a correlaciones con edades radiométricas, de 1620 ± 16 ka y 980 ± 13 ka, obtenidas por Barberi et al (1988) en el Complejo Volcánico Pichincha, se ha asignado un periodo para esta formación entre 1,0 y 1,6 Ma.

Esta formación no aflora en la zona de estudio, al igual que las Fms. Chiche y Machángara que se reportan suprayacentes a la Fm. San Miguel (Villagómez, 2003 & Pacheco, 2013).

4.2.4 Formación Mojanda - Fuya Fuya (Pleistoceno – P V_{ME})

La Fm. Mojanda está caracterizada principalmente como una secuencia de piroclastos retrabajados en ambiente fluvial y eólico (Villagómez, 2003), intercalados con dos potentes depósitos de caídas plinianas. Los piroclastos de esta formación han sido principalmente relacionados con el Complejo Volcánico Mojanda & Fuya-Fuya; el primero de composición andesítica y el segundo de carácter dacítico (Robin et al, 2009).

Los depósitos de la actividad del Mojanda y Fuya Fuya se hallan distribuidos cerca del volcán y en el valle – cuenca de Guayllabamba; principalmente son arenas tobáceas (grano medio a grueso), suelos pobremente desarrollados y productos de retrabajamiento fluvial-eólico.

Un importante marcador de la actividad del Fuya Fuya es la Debris Avalancha, que se formó cuando colapsó el cono San Bartolo y el flanco Oeste del Mojanda, este evento rellenó el valle del río Guayllabamba con potencias superiores a 100 m; la presencia de rocas del Mojanda Superior y depósitos de caída del mismo, indican que el colapso ocurrió después de que finalizara la actividad del mismo.

En la zona de estudio se observa un contacto transicional / erosivo?, de la Fm. San Miguel a los volcánicos Fuya Fuya, que cubren con un manto las facies deltaicas, esto a la base del depósito Debris Avalancha (Foto N° 4.2); que está sobre niveles de arenas-tobas volcánicas que están discordantes – contacto erosivo sobre la Fm. San Miguel; aflora en la Cantera San Rafael I, en el camino de acceso a Planada de San Francisco y en la mina clandestina abandonada ubicada hacia el Este del barrio Colinas de Bellavista.



Foto N° 4.2. Depósitos de Debris Avalancha del Fuya Fuya, se observan los fragmentos de niveles de cenizas, lavas y sedimentos mezclados en el depósito

Sobre este nivel existen nuevos eventos de caída de ceniza volcánica con muy buen sorteo (cuya fuente no es clara) y niveles pómez-escoria volcánica muy ácida (color blanco y muy ricas en cuarzo-vidrio), de 0.5-1.0 m de potencia, los cuales si aparentemente provienen del Fuya Fuya, aunque no existe una referencia sobre la edad de estas erupciones (Foto N° 4.3).



Foto N° 4.3. *Cantera San Rafael I, se observa el depósito de Debris Avalancha y los niveles de lapilli-escoria (Fuya Fuya)*

4.2.5 Volcánicos Indiferenciados (Pleistoceno-Holoceno? P_{VI})

Sobre los volcánicos del Mojanda-Fuya Fuya se encuentran varios depósitos periclinales de cenizas y lapillis que no están bien desarrollados en la zona del escarpe, pero en los flancos de las colinas al SE y NW de Planada de San Francisco están claramente estratificados (Foto N° 4.4). No se tienen referencias de estos depósitos pero cubren una gran área de la zona de intervención.

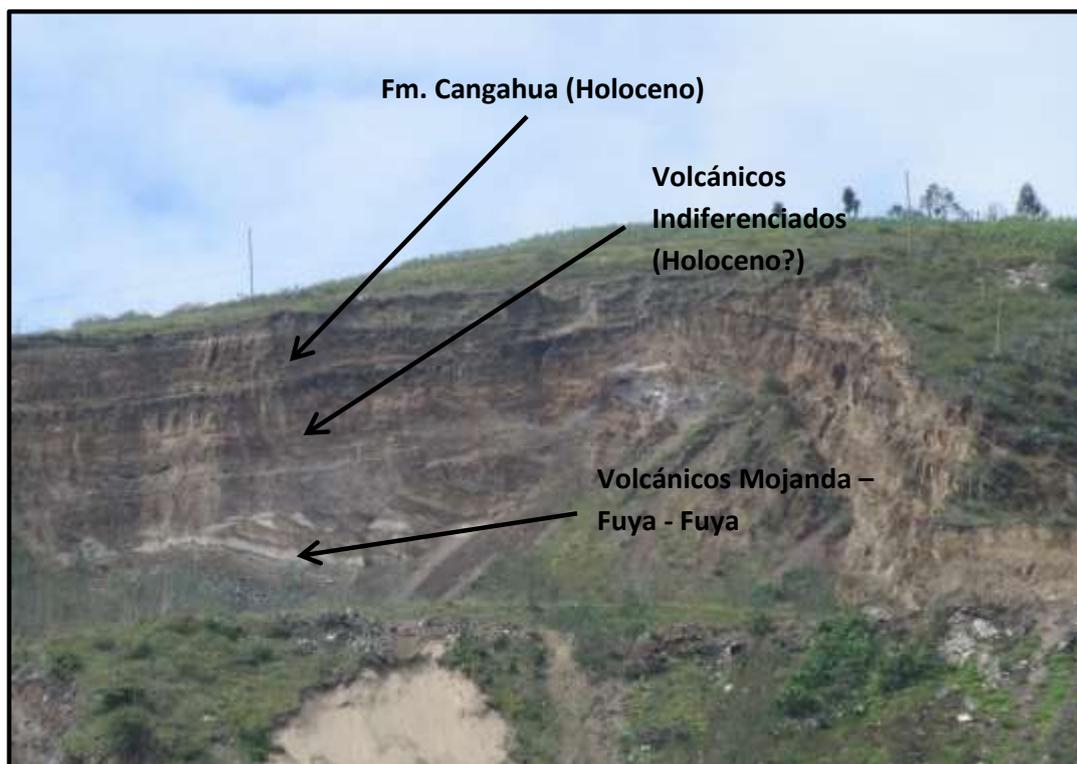


Foto N° 4.4. Volcánicos indiferenciados, claramente sobre niveles de lapilli del Mojanda-Fuya Fuya y bajo la Fm. Cangahua del Holoceno (Cantera Abandonada)

4.2.6 Formación Cangahua (Holoceno – H_{cg})

La Fm. Cangahua se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del Valle Interandino y está caracterizada como un depósito limo-arenoso de color marrón, formado de piroclastos, la mayoría retrabajados, junto con suelos volcánicos incipientes. Hall y Beate (1991) reportan altos contenidos de vidrio y minerales volcánicos y un elevado contenido de SiO₂, por lo que se sugiere que su fuente fueron volcanes con erupciones dacíticas – riolíticas. Vera y López (1986) han propuesto un periodo entre 120 ka y 10 ka para esta formación; Hall y Mothes (2001) presentan edades radiométricas para depósitos piroclásticos dentro de la Cangahua entre 260 ka y 10 ka.

En la zona de estudio se hallan sobre los niveles de los volcánicos del Fuya Fuya, y aparentemente también cubren el deslizamiento de San Francisco, por lo que se infiere que el mismo pudo haberse desencadenado hace más de 10 ka (Foto N° 4.5).



Foto N° 4.5. Cantera San Rafael I, se observa el depósito de Debris Avalancha

4.2.7 Depósitos Holocénicos (H_{CR})

Sobre-yaciendo la Fm. Cangahua, hacia el norte de Quito, en la zona de San Antonio de Pichincha se han reportado la presencia de depósitos lacustres, compuestos principalmente por cenizas intercaladas con lignito, el cual fue datado en 6.750 años AP (DGM, 1982).

Samaniego et al (1994) reporta igualmente depósitos lacustres en la actual depresión de Guayllabamba, posiblemente contemporáneos a los observados en Quito y San Antonio. Hacia el norte se pueden observar los depósitos volcánicos asociados a las erupciones del Complejo Volcánico Pululahua, cuya actividad está concentrada entre 165 ka y 2.240 a AP (Andrade, 2002), por lo que actualmente se lo considera como potencialmente activo. No se ha mapeado este nivel por ser muy pequeño y se lo incluye dentro de la Cangahua.

Estos se ven claramente al tope de la secuencia en la zona de estudio como pómez o niveles de pómez poco desarrollados entre las cenizas volcánicas primarias y retrabajadas de la misma Formación Cangahua.

También se ven varios colapsos-coluviones y depósitos de caída de bloques asociados a la actividad del mismo deslizamiento. Cubren solo una pequeña área de estudio en las canteras activas y abandonadas.

4.3 GEOMORFOLOGÍA

El área de San Francisco regionalmente se ubica dentro de la unidad geomorfológica denominada Depresión Interandina o Valle Interandino (VI), que tiene una forma alargada en sentido norte - sur, y se localiza entre los 2.300 a 3.800 msnm.

Esta depresión forma parte del piedemonte de la Cordillera Occidental de los Andes, está formada por una serie de basines o lagunas que fueron evolucionando a cuencas sedimentarias individuales, cuando poco a poco éstas se fueron colmatando y relleno por una alternancia de sedimentos del Terciario-Cuaternario de origen fluvio – lacustres, glaciares y volcánico clásticos tales como flujos piroclásticos, lahares, torrentes y avalanchas de materiales volcánico clásticos, aporte que preferentemente provienen desde el Oeste por el Complejo volcánico Pichincha, desde el Norte, por la actividad volcánica explosiva de los volcanes Mojanda y Fuya-Fuya.

El Valle Interandino Central, en su segmento septentrional, abarca varias cuencas intramontañas: Chota, Quito – Guayllabamba, Latacunga – Ambato y Alausí – Riobamba, con un relleno sedimentario de edad Mioceno Tardío hasta Holoceno (Figura N° 4.5.).

La Cuenca de Quito – Guayllabamba, es una depresión tectónica, de dirección N-S, tiene alrededor de 30 km de longitud y aproximadamente 5 km de ancho, morfológicamente está conformada por dos sub-cuencas: La Centro Norte y la del Sur, separadas por el río Machángara y El Panecillo.

La sub-cuenca Centro Norte, está directamente asociada a un sistema de fallas inversas, asociadas a una depositación sin-tectónica, cuya expresión morfológica es una serie de bloques o lomas alargadas en dirección N-NE, que actualmente constituyen el borde de la cuenca o límite Este de la ciudad.

Estas estructuras tectónicas están divididas en cuatro segmentos principales desde Norte hacia el Sur: Lomas de Carcelén – Las Orquídeas, San Isidro del Inca, Monteserrín, Bellavista y Cerro Auqui – San Miguel de Collacoto.

4.3.1 Divisiones Morfo-Estructurales

La geomorfología del DMQ, es producto de la combinación de factores tectónicos, volcánicos y erosivos (Figura N° 4.5.), por lo que es posible diferenciar, al menos cinco divisiones, de las cuales dos se hallan presentes en el área de estudio.

- La parte baja de la Vertiente Oriental de la Cordillera Occidental
- La Zona de piedemonte
- La Paleo-laguna de Quito - Pomasqui
- El Levantamiento Tectónico de Quito
- La Plataforma de Calderón – Guangopolo – Amaguaña

Laderas de San Francisco se ubica en el límite Noreste de la plataforma de Calderón - Guangopolo - Amaguaña, al borde mismo del sector que fue identificado como Catequilla-Bellavista, (Rivera et al, 2015). Morfológicamente estos bloques se presentan como una serie de lomas alineadas en sentido N-NE, cortadas por fallas transversales E-W (Sur de Catequilla), que produjeron la dislocación y basculamiento. Estos bloques están formados por volcánicos primarios, que incluyen depósitos de avalancha, flujos piroclásticos, lavas andesíticas, cubiertas en el techo con flujos piroclásticos y mantos de lapilli, pómez y cenizas volcánicas recientes, cuya fuente aparentemente estaría relacionada con la actividad explosiva de los volcanes Mojanda - Fuya Fuya, posiblemente en el Pleistoceno Superior.

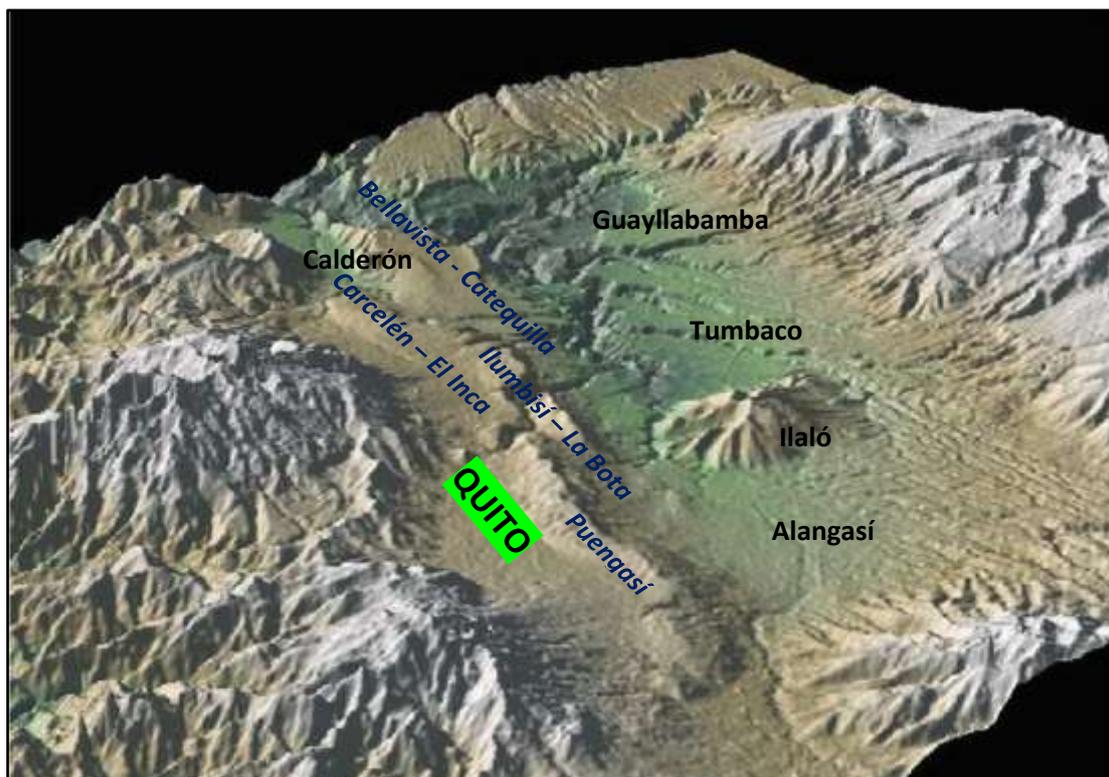


Figura N° 4.5. Imagen Digital del Distrito Metropolitano de Quito (Tomado de Alvarado A, 2012), se aprecia la depresión sobre la cual está asentada la ciudad

El Levantamiento Tectónico de Quito - Línea de los Escarpes Orientales

Es un conjunto de bloques estructurales relacionados con la actividad del sistema de fallas inversas de Quito y se localizan paralelos al escarpe que separa la mancha urbana de los valles. Los volcano-sedimentos y sedimentos retrabajados están buzando hacia el Oeste (superficies relativamente planas); por la acción de la falla de Quito, aparentemente los bloques basculados se inclinan hacia el Este, en dirección del escarpe, a pesar de ello los taludes y cornisas de estas superficies, son bastante estables.

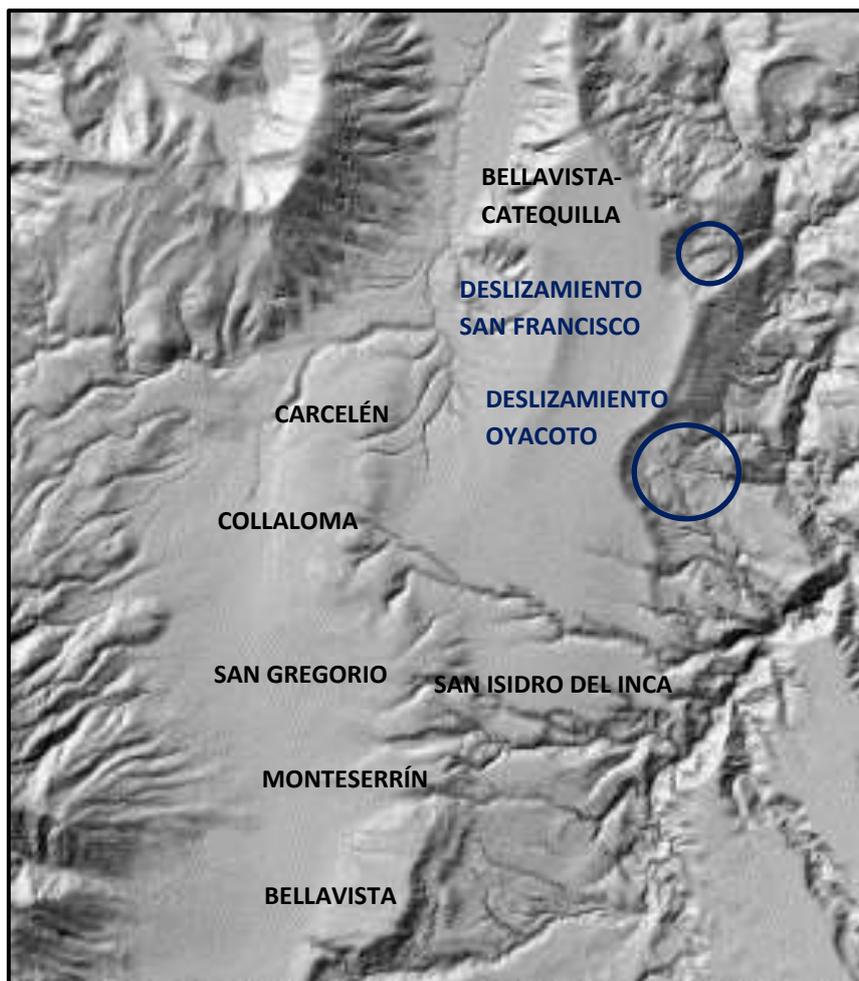


Figura N° 4.6. Ubicación esquemática de los distintos bloques estructurales identificados en la foto-interpretación (Tomado de Rivera et al, 2015)

Desde el norte hacia el sur se pueden diferenciar los siguientes bloques (Figura N° 4.6.):

- Carcelén con una superficie relativamente plana localizada entre 2.264 – 2.722 msnm. Está ligeramente inclinada hacia el Oeste.
- Bellavista de Carretas con una superficie plana localizada entre 2.834 – 2.887 msnm, está ligeramente inclinada hacia el Este.
- Collaloma con una superficie destruida localizada entre 2.850 – 2.966 msnm, también está ligeramente inclinada hacia el Este.
- Las Orquídeas–San Gregorio con una superficie destruida localizada entre 2.837 – 2.922 msnm, está completamente inclinada hacia el Este.
- San Isidro del Inca, con una superficie destruida localizada entre 2.772 – 2.901 msnm, está completamente inclinada hacia el Este.
- Monteserrín tiene una superficie destruida localizada entre los 2.810 - 2.880 msnm, es el único bloque que esta dislocado por la mitad, inclinándose tanto al Este como al Oeste.
- Bellavista, tiene una superficie destruida localizada entre 2.881 - 2.976 msnm, es el único bloque que se inclina fuertemente entre 15° y 18° hacia el Oeste.

Morfológicamente estos bloques se presentan como una serie de lomas alineadas en sentido N-NE, también existen fallas transversales E-W (Sur de Catequilla), que produjeron la dislocación y basculamiento. Están sobre volcánicos primarios, que incluyen depósitos de avalancha, flujos piroclásticos, lavas andesíticas, cubiertas en el techo con flujos piroclásticos y mantos de lapillis, pómez y ceniza volcánica, cuya fuente aparentemente estaría relacionada con la actividad volcánica del Rucu Pichincha, Pifo y Mojanda - Fuya Fuya, posiblemente correspondientes al Pleistoceno Superior.



Foto N° 4.6. Zona de Bellavista, superficie ligeramente inclinada hacia el oeste.

La Plataforma de Calderón - Guangopolo - Amaguaña

Forma una extensa meseta con un relieve bastante homogéneo sobre depósitos Cuaternarios de relleno, predominantemente en un ambiente de deposición fluvio-lacustre y volcánico efusivo, caracterizado por lahares, flujos de lodo y erupciones explosivas, provenientes de los Volcanes Pichincha, Pululahua y Cotopaxi.

Se trata de una extensa planicie de alrededor de 18 – 20 km de ancho, localizada a una altura promedio de 2.500 msnm, de superficie plana a ligeramente disectada y ondulada, con pendientes inferiores a 8°, delimitadas por cornisas y vertientes abruptas, con gargantas profundas excavadas por las quebradas y ríos (Foto N° 4.6.).

La red de drenaje sobre este relieve es muy particular, predominantemente las quebradas son rectilíneas angulares y muy localmente dendríticas, pero su acción erosiva fue muy agresiva, dejando taludes muy inestables, donde ocurren frecuentes desprendimientos, deslizamientos y movimientos en masa. También se puede observar que casi todas las cornisas y vertientes abruptas, tienen huellas de una activa erosión regresiva, con formación de cárcavas y zanjas.

El encajonamiento muy profundo de la red hidrográfica en estos depósitos, así como en las gargantas o cañones que atraviesan la Cordillera, está totalmente desproporcionado con el escurrimiento actual; por lo que se podría deducir que las condiciones hidrometeorológicas que dominaban en el Cuaternario, fueron completamente diferentes a las condiciones actuales de muy escasas precipitaciones (Winckell A, 1982).

4.3.2 Principales Unidades Geomorfológicas.

Se han diferenciado tres unidades geomorfológicas, estas unidades son:

- ✓ La Plataforma de Catequilla – Bellavista
- ✓ El Escarpe de San Francisco
- ✓ La Superficie del Antiguo Deslizamiento

Estas unidades tienen a su vez uno o más niveles que se han diferenciado en el trabajo de Fotointerpretación, todo ello detallado en el Mapa Geomorfológico (Figura N° 4.7).

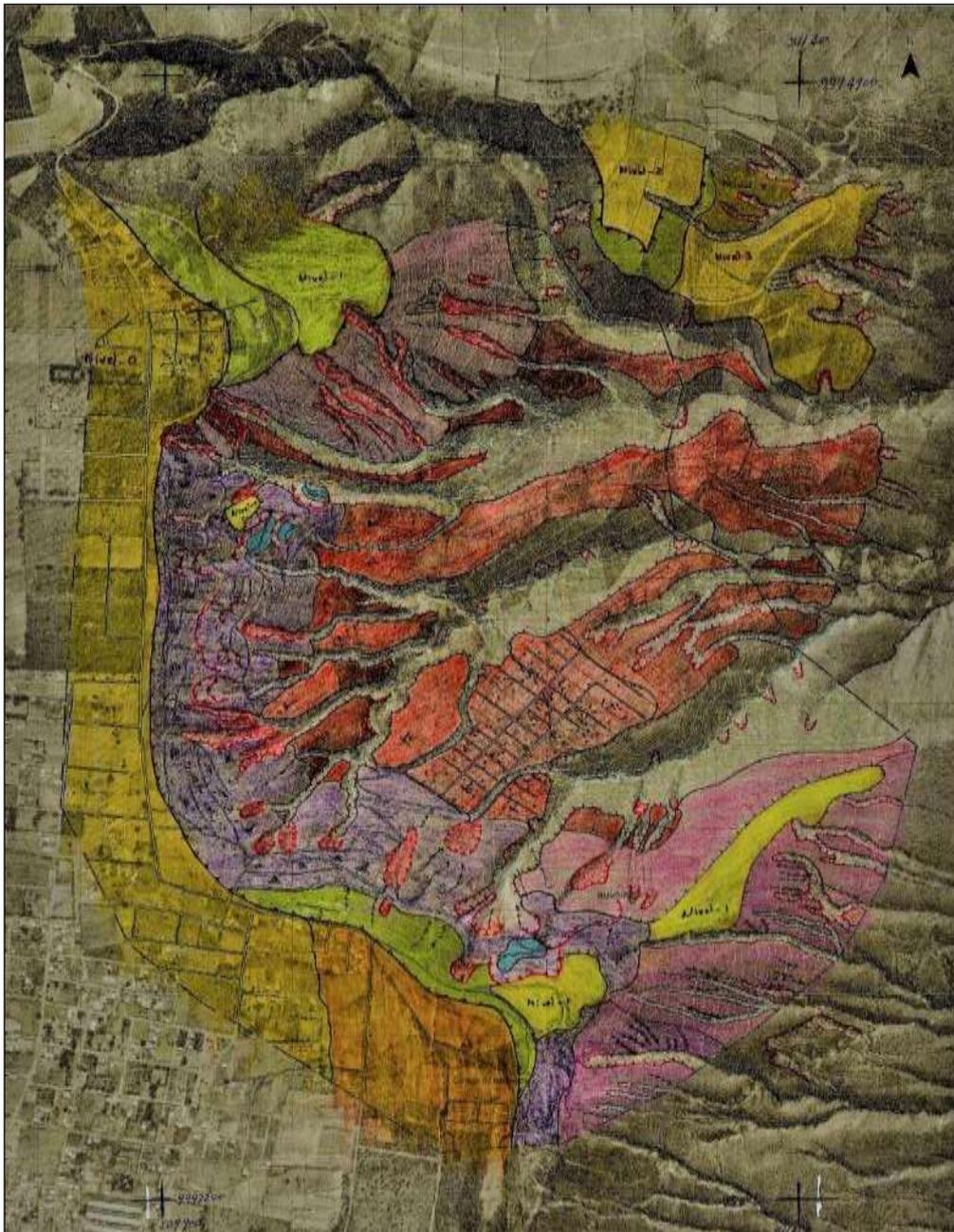
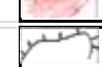


Figura N° 4.7. Mapa Geomorfológico de la zona de estudio (Previa – Digitalización)

MAPA GEMORFOLÓGICO - PROYECTO LADERAS DE SAN FRANCISCO			
LEYENDA EXPLICATIVA			
LITOLOGÍA/ FORMACIONES SUPERFICIALES	FORMAS DEL RELIEVE	GRADO DE DISECCIÓN / DESNIVEL / PENDIENTE	REPRESENTACIÓN
1.- LA PLATAFORMA DE CALDERÓN - Rampas de piedemonte cortadas abruptamente por importante falla regional inversa			
Cangahua y capas de pómez finos depositados en ambiente lacustre, yaciendo sobre un basamento de flujos de lavas-brechas-avalanchas (?) provenientes del Pululahua, Casitagua, Rucu Pichincha, Mojanda, Pacpo (?)	Niveles estructurales con evidencia de dislocación - flexura por movimientos de terreno	Superficie relativamente plana, sin disección, ligeramente inclinada hacia el oeste (< 2 %).	 Nivel-0
	Vertientes suaves derivadas de las superficies estructurales (flexuras-colapsos?)	Superficie ligeramente inclinada al N en Colinas de Bellavista y al E en San Vicente, con pendientes entre 2-5%	
	Niveles estructurales antiguos "colgados", como testigos de un primer	Superficies planas ligeramente disectadas, con pendiente moderada entre - - 12 %	 Nivel 1/2/3
	Colina de cima alargada en sentido N-S, producto del levantamiento inverso del frente de falla	Superficie plana estrecha, con vertiente de suave pendiente entre el 2 - 5 %	
2.- ESCARPE PRODUCTO DEL DESLIZAMIENTO DE UN ENORME VOLUMEN DE TERRENO			
Cangahua y cenizas volcánicas-lapilli, deleznales, fuertemente erosionadas y deformadas por el deslizamiento, relictos de la plataforma de Calderón	Vertientes relativamente estables, pero sujetas a una agresiva erosión hídrica en canales profundos, presencia de cárcavas y zonas de tierras malas	Superficies planas, fuertemente disectadas y cortadas por canales profundos, con pendientes entre 25 - 40 %	
	Vertientes rectilíneas, completamente inestables, taludes de escombros, cicatrices de deslizamientos, zonas destruidas por la explotación de canteras	Vertientes de fuerte pendientes, totalmente inestables y peligrosas, sujetas a una activa erosión hídrica y eólica, las descargas de aguas servidas de las zonas pobladas ocasionan una agresiva erosión regresiva.	
3.- SUPERFICIE DE UN ANTIGUO DESLIZAMIENTO			
Cangahua y capas de pómez finas depositadas sobre una plataforma	Superficies planas provenientes del desprendimiento (deslizamiento) de la plataforma de Calderón	Superficies planas ligeramente inclinadas en dirección del movimiento del deslizamiento NE, localmente con evidencia de basculamiento inverso (Planada de San Francisco)	
	Cañones y canales profundos producto de la erosión hídrica	Vertientes y laderas desectadas, cañones profundos de fuerte pendiente >70%	
SIMBOLOGIA ESPECIAL			
Cicatriz de despegue del gran deslizamiento de San Francisco, pendientes fuertes, zonas frágiles e inestables de alta erosión fluvial regresiva y movimientos en masa			
Cicatriz de despegue de antiguos deslizamientos, re-activados, pendientes fuertes - casi verticales, zonas frágiles y de fuerte inestabilidad, agravada por la explotación de canteras informales			
Tierras malas, zonas muy inestables y peligrosas susceptibles de una agresiva erosión hídrica regresiva y eólica			
Escarpe erosional, abrupto o talud vertical localizado en los límites de superficies estructurales o relictos de la plataforma de Calderón			
Cárcavas, canales de erosión activa-intensa			
Erosión por regueras-sistemas de conducción de aguas, o escurrimiento activo			
Dirección del movimiento y sentido de los movimientos de terreno (deslizamiento)			
Zonas de relleno y acumulación de escombros/basura por la actividad de canteras			
			

Leyenda del Mapa Geomorfológico de la zona de estudio

La Plataforma de Catequilla - Bellavista.

Localizada al pie del escarpe de Quito, forma una extensa meseta con un relieve bastante homogéneo sobre depósitos Cuaternarios de relleno, predominantemente en un ambiente de depositación sedimentario (fluvio-lacustre?) y volcánico efusivo, caracterizado por lahares, flujos de lodo y cenizas productos de las últimas erupciones explosivas de los Volcanes Pichincha y Pululahua; estos depósitos yacen sobre un depósito caótico proveniente de los volcanes de Mojanda y Fuya Fuya, formado predominantemente por flujos piroclásticos, ignimbritas, flujos torrenciales del tipo lahar, avalanchas de lavas y arena, complejo volcanoclástico que localmente muestran relictos de antiguas terrazas colgadas, formadas por la depositación de materiales de origen aluvial, aportados por la divagación del cauce de los ríos Machángara - Guayllabamba.

Es parte de la Plataforma de Calderón, con una altura promedio de 2.700 msnm, de superficie plana a ligeramente ondulada, con pendientes inferiores a 5°. Hacia el límite NE es decir en el sector de San Francisco, la plataforma de Catequilla-Bellavista termina abruptamente en cornisas y vertientes rectilíneas, producto del movimiento inverso de una falla regional, que levantó la plataforma, ocasionando el colapso de sectores frágiles con litologías muy poco consolidadas, como es el caso de Laderas de San Francisco al Norte y Oyacoto al Sur.

En el Suroeste del área de estudio, el movimiento inverso ocasionó el levantamiento del borde de la plataforma, formándose una colina alargada en sentido Norte-Sur, tal como se observa en la Foto N° 4.7.



Foto N° 4.7. Barrio Mira Quito localizado en la colina al suroeste del área de estudio. a la derecha el borde de la plataforma de Catequilla-Buenavista

La plataforma de Catequilla-Bellavista, colapsó paulatinamente dejando al menos tres niveles “colgados” o suspendidos adosados al talud, como testigos de la antigua superficie de la plataforma Catequilla-Bellavista.

El escarpe de San Francisco.

Por efecto de la falla inversa un importante volumen del borde de la plataforma, descendió aproximadamente unos 200-300 m de desnivel, dejando una cicatriz en forma de “herradura” con un talud impresionante (Foto N° 4.8), donde quedaron expuestas las formaciones pre-existentes del basamento de la cuenca (Foto N° 4.9), donde posteriormente se depositó la potente cobertura de piroclásticos que evolucionaron y conformaron la plataforma de Catequilla-Bellavista.



Foto N° 4.8. *Parte central del talud del deslizamiento de Laderas de San Francisco, con su típica forma de “herradura”*

En la parte central del talud forma una cornisa desde la cicatriz del deslizamiento, quedaron adosados materiales deleznable y poco consolidados, donde se produce una activa erosión regresiva fluvial y eólica y se han desarrollado impresionantes desprendimientos, deslizamientos y formación de cárcavas, zanjas profundas y tierras malas, constituyéndose en las zonas más frágiles para desencadenar movimientos en masa, Foto N° 4.8. La estabilidad de las pendientes está siendo agravada por la actividad de canteras informales (ahora abandonadas), que no han sido cerradas de manera apropiada y han dejado taludes totalmente inestables.

La red de drenaje sobre este relieve es muy particular, predominantemente las quebradas son rectilíneas angulares y muy localmente dendríticas, pero su acción erosiva fue muy agresiva excavando profundas gargantas, dejando taludes muy inestables



Foto N° 4.9. *Basamento de la cuenca con depósitos piroclásticos de avalancha con relictos de cenizas recientes “colgadas” de la superficie de la plataforma de Catequilla-Bellavista*

Hacia la parte externa del deslizamiento tanto al norte como al sur, se observan vertientes relativamente estables, pero sujetas a una agresiva erosión hídrica y eólica regresiva, caracterizada por el desarrollo de cárcavas y canales profundos, que se están uniendo entre sí, ocasionando la formación de las temidas “tierras malas”, que reflejan el elevado grado de intensidad de la erosión. Foto N° 4.10.



Foto N° 4.10. *Al fondo se observa el desarrollo de cárcavas y “tierras malas”*

La superficie del antiguo deslizamiento

Al pie del talud se localiza la superficie de la plataforma de Catequilla-Bellavista, que descendió aproximadamente unos 200 metros, se trata de una superficie bastante plana, ligeramente inclinadas en dirección el movimiento del deslizamiento, cuyo frente está moderadamente levantado por efecto del basculamiento rotacional. El riesgo es que estas superficies están separadas por profundos cañones originados por la erosión hídrica regresiva, que pueden desestabilizar los bordes de estas superficies.

Para evitar que se produzcan deslizamientos locales de moderada magnitud, será necesario hacer obras de reforestación para preservar los bordes, y estabilizar los taludes, para aprovecharse como futura zona de expansión urbana (Foto N° 4.11).



Foto N° 4.11. Al pie del talud se observa la superficie del deslizamiento donde ya existen nuevos asentamientos agrícola / urbano.

El encajonamiento muy profundo de la red hidrográfica en estos depósitos, así como en las gargantas o cañones que atraviesan la Cordillera, está totalmente desproporcionado con el escurrimiento actual; por lo que se podría deducir que las condiciones hidrometeorológicas que dominaban en el Cuaternario, fueron completamente diferentes a las condiciones actuales de muy escasas precipitaciones (Winckell A, 1982).

4.4 TECTÓNICA LOCAL Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

El Ecuador está ubicado en el extremo nor - occidental de Sudamérica y está fuertemente influenciado por la interacción cinemática entre las placas tectónicas de Sudamérica, Nazca, Cocos y Caribe.

Hace 28 y 27 Ma tuvo lugar la separación de la paleoplaca Farallón, de convergencia oblicua al NE, en las placas Nazca y Cocos, originando un evento tectónico regional caracterizado por un nuevo sistema de convergencia ortogonal (hacia el E) de placas, donde Nazca empezó a ser subducida debajo de Sudamérica (Lonsdale, 2005).

Frente a las costas de Ecuador, entre las latitudes 1° N y 2° S, la subducción de la placa Nazca formó un slab (zona de Wadatti-Beniof) con una inclinación de 25° y un azimut de 85° (Guillier et al, 2001) a una tasa de convergencia de 58 mm/a. Este proceso de subducción ha influido notablemente en la formación de los Andes ecuatorianos desde el Mioceno, así como de las principales zonas sismogénicas y del volcanismo durante el Neógeno y el Cuaternario (Hall & Wood, 1985).

Dos elementos morfológicos de la placa Nazca, frente a la fosa ecuatoriana, son muy importantes para entender la evolución geológica de esta región (Figura N° 4.8.):

- La Zona de Fractura Grijalva (ZFG), está localizada frente al Golfo de Guayaquil y se caracteriza por separar cortezas oceánicas de diferentes edades a lo largo de su trazo. Así al norte de la ZFG la corteza tiene edades relativamente jóvenes (< 20 Ma) debido a que fue generada en la dorsal Galápagos, en cambio al sur de la ZFG la corteza presenta edades >27 Ma y su origen es atribuido a la Dorsal del Pacífico Este.
- La Cordillera Asísmica de Carnegie (CAC), consiste en el rasgo geomorfológico submarino que resultó de la interacción entre el punto caliente de Galápagos y la placa Nazca (Lonsdale, 1978). Investigaciones submarinas han revelado la morfología tanto de fosa ecuatoriana como de la CAC, que aparentemente tiene una longitud mayor a 1.000 km y un relieve cercano a los 3 km. La edad de la colisión de la CAC contra Sudamérica y el inicio de la subducción: 8 Ma (Pennington, 1981); 4-5 Ma (Hall & Wood, 1985), 2 Ma (Hall et al, 2008)

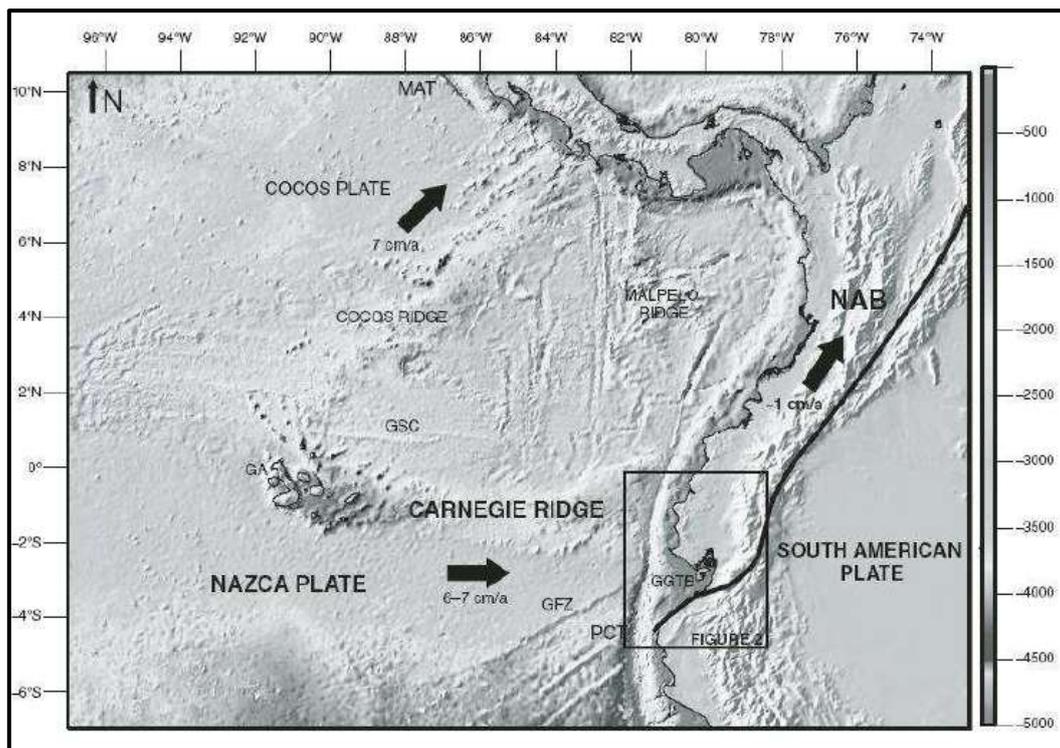


Figura N° 4.8. Geodinámica del Bloque Nor-Andino - Interacción de las placas Nazca, Sudamericana, Cocos y Caribe. La línea negra representa el límite estructural del bloque norte de los Andes. Tomado de Witt et al 2010

El Sistema de Fallas de Quito

Los límites estructurales del Valle Interandino Central se encuentran cubiertos por los depósitos volcánicos cuaternarios, pero estos límites están muy próximos a las fallas de las Cordilleras, Calacalí – Pallatanga hacia el oeste y Peltetec hacia el este. La característica más prominente en la zona es el “Sistema de Fallas activas inversas de Quito”, que juega un papel decisivo en la evolución tectónica de la región (Villagómez D, 2003).

El Sistema de fallas de Quito tiene una longitud total cercana a los 60 km; morfológicamente, la zona de Quito está caracterizada por presentar sucesiones de lomas que limitan las cuencas alargadas Machángara, El Batán y San Antonio (Alvarado, 2012). Se ha propuesto que estas lomas corresponden a estructuras plegadas por un sistema de fallas inversas, las que no afloran en superficie. Los planos de este sistema de fallas estarían inclinándose entre el 30-45° al occidente (Alvarado, 2012). Lavenu (1994) propone que el sistema de fallas de Quito junto con el de Ambato – Pastocalle, integran una zona de transición, de tendencia aproximada N – S, entre dos sistemas dextrales mayores, de tendencias NE – SW y NNE – SSW (Pallatanga al sur y Chingual al norte).

En base a la orientación y a las estructuras del set de lomas, Alvarado (2012) las dividió en seis segmentos principales (Figura N° 4.9.), caracterizados de sur a norte como:

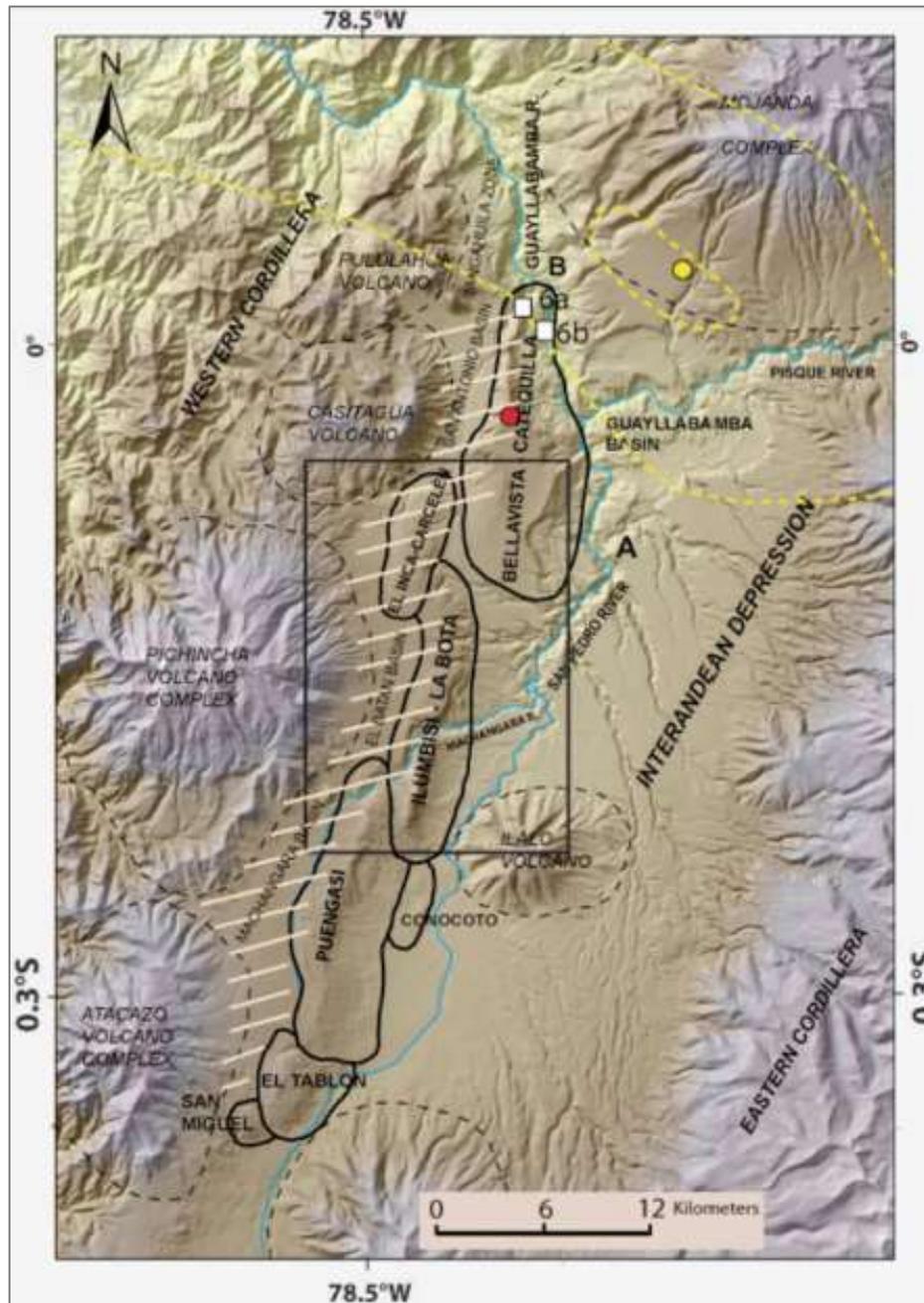


Figura N° 4.9. Localización de los Segmentos principales de la Falla de Quito
(Alvarado, 2009 & Pacheco, 2013)

1. San Miguel, pequeña loma redondeada que puede representar el límite sur del sistema de fallas Quito.
2. El Tablón, de forma oval; está constituida principalmente por sedimentos volcánicos recubiertos por la Fm. Cangahua. Los depósitos en su zona interna se observan intensamente fracturados.
3. Puengasí, corresponde a una elevación alargada, caracterizada por mostrar movimientos de terrenos, en especial en su flanco oriental.

4. Ilumbisí – La Bota, se encuentra cortada por el río Machángara, principal drenaje de Quito. La loma de Ilumbisí presenta flancos aproximadamente simétricos y dentro de las quebradas que cruzan esta loma se han reportado capas plegadas. La zona de El Batán – La Bota morfológicamente es distinta, muestra una pendiente suave y uniforme hacia el oeste, mientras que hacia el este es irregular y con quebradas más profundas.
5. El Inca – Carcelén, forman una pequeña colina que se extiende desde el Inca hasta Carcelén, el límite norte es la Q. El Colegio-Río Monjas, el plegamiento es menos intenso que otras estructuras como Ilumbisí-La Bota.
6. Catequilla – Bellavista, se presenta como una estructura bastante compleja que se ensancha hacia el sur, con una depresión en su lomo. La elevación está limitada por dos colinas que posiblemente corresponden a pliegues.

La acción de este sistema de fallas ha levantado a la ciudad de Quito entre 500 – 700 m sobre el resto del Valle Interandino y ha separado a las cuencas de Quito (Machángara – El Batán – San Antonio) de la cuenca de Guayllabamba.

4.5 VOLCANISMO DEL DMQ

El volcanismo y las glaciaciones que han ocurrido durante el Plio - Cuaternario son los principales factores que han moldeado el paisaje andino en el país. El actual arco volcánico está formado por decenas de estrato-volcanes, complejos volcánicos y calderas de colapso, estos edificios fueron construidos sobre un sustrato volcánico del Neógeno o directamente sobre el basamento de las cordilleras Occidental, Real y Zona Sub – Andina (Hall et al, 2008). En la zona de influencia inciden los volcanes que se han emplazado en la cordillera Occidental y en Valle Interandino.

La Cordillera Occidental es llamada el “frente volcánico” del arco en Ecuador, con rumbo aproximado NNE, una longitud de 360 km y un ancho de 30-40 km. En esta cordillera están los centros de emisión como el Cerro Negro, Cotacachi, Pichincha, Carihuairazo, Chimborazo entre otros. Los edificios volcánicos alcanzan elevaciones entre 4.600-5.000 msnm, el Chimborazo llega a los 6.268 msnm, siendo el volcán más alto de los Andes del Norte (Hall et al, 2008).

Varios estratovolcanes Plio - Pleistocénicos, incluso Holocénicos, están dispersos dentro del Valle. Estos centros volcánicos aparentemente están controlados por la intersección de fracturas y fallas, unas paralelas al fondo del valle y otras que lo atraviesan diagonalmente. Cerca de Quito existen volcanes como el Ilaló, Pasochoa y Rumiñahui (Hall et al, 2008). En el área de estudio influyen directamente los volcanes Casitahua, Complejo Volcánico Pichincha, Complejo Volcánico Mojanda Fuya Fuya, y complejo Volcánico Pululahua.

Complejo Volcánico Casitahua

El volcán Casitahua se encuentra hacia el límite oeste de la zona de estudio, en la cuenca de San Antonio de Pichincha, es un volcán andesítico erosionado y completamente cubierto por la

Cangahua; ha sido datado en $2,25 \pm 0,25$ Ma (Barberi et al, 1988), sin que existan estudios a detalle del tipo de actividad o de su historia eruptiva.

Complejo Volcánico Pichincha

El Complejo Volcánico Pichincha se ubica al oeste de la ciudad de Quito y ha generado productos volcánicos (lapillis-cenizas) que han rellenado la cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba. Las lavas más antiguas de este complejo (El Cinto y La Esperanza) tienen edades de 1,1-0,9 Ma en las lavas basales de la cuchilla del Cinto y zonas como La Cima de la Libertad, el Panecillo, el Itchimbia y la loma de Puengasí podrían también contener lavas con características y edades similares a las lavas basales del Complejo Volcánico Pichincha (Jaya, 2009).

Posteriormente se edificó el Rucu Pichincha, desarrollándose entre 850 – 150 ka. en tres fases de construcción:

- Un estrato-cono inferior (Rucu Pichincha Inferior de aproximadamente 160 km³) desarrollado entre 850 – 600 ka.
- Luego de un gap de actividad de 150 ka, empieza el desarrollo del Rucu Pichincha Superior, un cono menos voluminoso (40-50 km³), cuya actividad se inició entre 450 – 430 ka y finalizó cercana a los 250 ka
- Posterior a los 250 ka se dio paso al crecimiento de un pequeño, pero más explosivo edificio (8-10 km³), con el cual termina la historia del Rucu Pichincha cercana a los 150 ka.

El Guagua Pichincha se desarrolló en 60 ka y está constituido por tres fases sucesivas

- Guagua Pichincha Principal, con una actividad que va desde los 60-11 ka. Está compuesto por un estrato cono principalmente efusivo, separado por un evento explosivo (47 ka), de una fase de larga duración de crecimiento de domos y eventos explosivos relacionados a ellos.
- Actividad explosiva sostenida y extrusiones de lavas viscosas forman el edificio Toaza (4-5 km³) que presentó un colapso de flanco alrededor de los 4 ka.
- Posteriormente se produce el crecimiento del domo volcánico Cristal (~1 km³), cuya actividad ha sido registrada históricamente (Robin et al, 2010).

Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya

El Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya se encuentra al nor-este de la Cuenca de Quito/Guayllabamba y consiste de dos centros volcánicos, el Mojanda y el Fuya-Fuya, que a pesar de su cercanía (<3km) presentan una historia, estilo eruptivo y sistemas magmáticos diferentes.

El Edificio Mojanda (600 – 200 ka), en su parte basal está formado por un estrato-cono, el cual ha sido construido de andesitas; este edificio fue cubierto por un cono andesítico básico

(Mojanda II), el cual posteriormente colapsó después de una gran erupción freato-magmática (Robín et al 2009).

Sobre el flanco occidental del Mojanda I, se construyó el Fuya-Fuya, el cual al parecer fue contemporáneo con el edificio Mojanda II. La actividad del Fuya-Fuya inició con extrusiones viscosas de lavas andesíticas ácidas y domos dacíticos seguidas de una intensa actividad piroclástica (Pacheco D, 2013).

Complejo Volcánico Pululahua

El Complejo Volcánico Pululahua se ubica al norte del área de estudio; este complejo se caracteriza por presentar una composición mayormente dacítica y se ha desarrollado en tres periodos, con una historia eruptiva que inicia en el Pleistoceno Superior y que continua hasta el Holoceno (Andrade, 2002). El primer periodo en la evolución del Complejo Volcánico Pululahua consistió de erupciones efusivas de lavas dacíticas con hornblenda que formaron el conjunto de domos pre-caldera. El segundo periodo fue la formación del cráter del Pululahua, con no menos de cuatro erupciones explosivas de gran magnitud, con potentes flujos piroclásticos y potentes caídas de pómez con hornblenda. El último periodo de actividad del Pululahua está marcado por la extrusión de los domos post-caldera, probablemente acompañados con eventos explosivos menores y anteriores a 840a AP (Andrade, 2002).

CAPÍTULO V

**CLIMATOLOGÍA E
HIDROGEOLOGÍA**

CAPÍTULO V

CLIMATOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

5.1 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

Por su ubicación geográfica el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se halla expuesto a varias amenazas de origen geológico e hidrometeorológico como son caídas de ceniza, sismos, lluvias intensas (que generan escurrimiento superficial y crecientes); vientos (erosión eólica); precipitación (erosión laminar) y movimientos de terrenos inestables, los cuales han afectado a la población y sus bienes. Los terrenos se vuelven más inestables una vez que el sector comienza a poblarse, con la apertura sin diseños técnicos de vías de acceso a los barrios y a los terrenos parcelados, antitécnica disposición de aguas servidas, falta de canalización de aguas lluvias y la explotación de canteras clandestinas de materiales pétreos, han contribuido a la generación de colapsos e intensos procesos erosivos sobre todo en el camino de acceso a la Planada de San Francisco.

Los asentamientos humanos de la zona de estudio, tales como: Laderas de San Francisco, Cristo Rey I, Cristo Rey II, Terrazas de Bellavista, Planada de San Francisco, La Libertad, Sol Naciente, Ana María, Julio Zavala, Pueblo Viejo, San Juan, Santa Anita, San Vicente y Los Eucaliptos, presentan diferentes niveles de riesgo ante las amenazas geológicas, por ello, a partir del año 2011, La Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR) de la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad (SGSG), ha realizado análisis y evaluaciones cualitativas de riesgos en estos barrios (varios de ellos no regularizados en su momento y otros en proceso de regularización); calificando el riesgo como “Mitigable” o “No Mitigable”. Entre las recomendaciones efectuadas para los casos de Riesgo No Mitigable, se sugirió que los moradores de estas zonas deberían ingresar al “Plan de relocalización emergente de las familias en alto riesgo no mitigable” que brinda el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ).

En el año 2014-2015 se realizó el trabajo de “Actualización de la Zonificación por Amenaza de Deslizamientos en el Distrito Metropolitano de Quito” donde se realizó el levantamiento de inestabilidades a una escala 1:25.000 y se llevaron a cabo estudios semi-detallados a escala 1:10.000, en 8 sectores de la ciudad. La zona de “Laderas de San Francisco” fue una de los sitios escogidos para los estudios detallados de suelos. Esta zona fue catalogada como de Alta Amenaza por deslizamientos, en caso de precipitaciones muy intensas al arrastre de sedimentos y sismos de magnitud superior a Ms: 6.0; el factor de seguridad fue estimado menor a uno, y por lo mismo se recomendaba la prohibición de nuevas construcciones en la zona y la reubicación de los habitantes que se hallen en zonas de alta amenaza y con viviendas vulnerables a deslizamientos.

El Distrito Metropolitano de Quito, al estar ubicado en la Región Sierra, cuenta con un clima de tipo ecuatorial caracterizado por la presencia de dos épocas diferenciadas: la lluviosa y la seca (existen fases críticas de estiaje), que se caracterizan en función al régimen pluviométrico.

Cabe mencionar que en la actualidad estos períodos temporales han variado en intensidad, duración y frecuencia, debido a efectos de los cambios climáticos globales y locales. El barrio Laderas de San Francisco de halla ubicado al norte de la ciudad de Quito, en la Parroquia Calderón, y éste se caracteriza por un clima seco con pocas lluvias, aunque las mismas pueden alcanzar altas intensidades que producen erosión laminar y generar flujos de lodo (Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad, 2015).

5.1.1 Información disponible

La información utilizada proviene de la red instalada por el INAMHI y estaciones monitoreadas por la Dirección de Recursos Hídricos de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), que se encuentran en las cercanías a la zona de estudio; ya que no existen estaciones ubicadas dentro de la misma, utilizándose siete estaciones entre pluviométricas, climatológicas ordinarias y agro meteorológicas, las cuales presentan diferentes periodos de toma de datos, por lo que las estaciones usadas en el análisis son menores. En la Tabla N° 5.1 se presenta únicamente las cuatro estaciones utilizadas más cercanas a la zona del proyecto.

ESTACIÓN	CÓDIGO	PERIODO	SERIE (años)	LATITUD	LONGITUD	ELEV.	TIPO	PARÁMETRO
Calderón	M345	2000-2013	13	0° 5' 54" S	78° 25' 15" W	2645	PV	Precipitación
San Antonio de Pichincha	M115	1980-1997	7	0° 0' 37" S	78° 26' 13" W	2430	CO	Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Nubosidad, Viento
Guayllabamba	M341	1995-1999	4	0° 3' 25" S	78° 20' 35" W	2150	PV	Precipitación
Nayón	M1156	2000-2013	13	0° 10' 37" S	78° 25' 39" W	2284	CO	Precipitación,
			PV: Pluviométrica CO: Climatológica Ordinaria					

Tabla N° 5.1. Estaciones meteorológicas consideradas para el estudio, INAMHI

ESTACIÓN	CÓDIGO	PERIODO	SERIE (años)	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN	TIPO	PARÁMETRO
Calderón	P20	2000-2015	15	9991825	785900	2765	PV	Precipitación
Rumihurco	P03	2000-2015	15	9985125	774550	3575	CO	Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa
Rumipamba	P02	2000-2015	15	998088	75504	2150	CO	Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa
			PV: Pluviométrica CO: Climatológica Ordinaria					

Tabla N° 5.2. Estaciones meteorológicas consideradas para el estudio, EPMAPS

Así, para el análisis de las variables climatológicas como temperatura, humedad relativa, nubosidad, velocidad máxima del viento se utilizaron los datos de la estación climatológica ordinaria San Antonio de Pichincha, mientras que para definir la precipitación media anual se consideró además a las estaciones Calderón (EPMAPS e INAMHI) y Nayón. La estación Guayllabamba no se la consideró en el análisis de precipitación ya que dispone de pocos años consecutivos de datos. Las Estaciones Rumihurco y Rumipamba están más alejadas de la zona del proyecto, por lo cual no se las consideró como representativas de la zona de estudio.

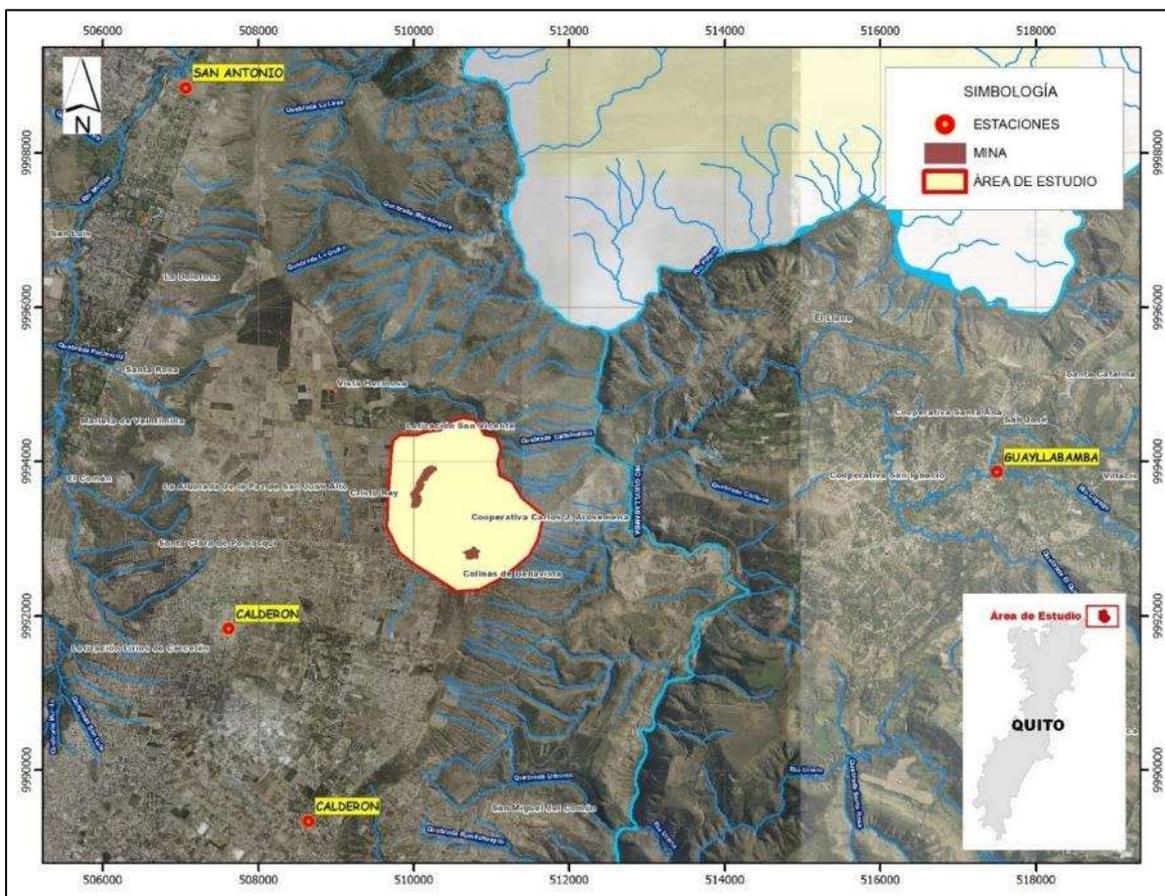


Figura N° 5.1. Ubicación estaciones meteorológicas cercanas

5.1.2 Precipitación e Intensidades Máximas.

Precipitación

La intensidad y periodicidad de la precipitación está condicionada por el comportamiento de los patrones meteorológicos locales (Atlas de Amenazas - DMQ, 2010). Las precipitaciones máximas se dan al sur de la ciudad y van decreciendo hacia el norte, siendo su gradiente norte – sur, aproximadamente de 21mm/km, las intensidades máximas están alrededor de 43,00 mm/h, y se tienen precipitaciones en promedio 172 días/año. Así mismo se detalla que, la precipitación media multianual del DMQ es de 1126,7mm con dos épocas lluviosas, que va desde febrero a mayo y de octubre a noviembre; por otro lado, los meses de junio, julio y agosto son de menor precipitación, menor días con lluvia y mayor insolación. EL promedio mensual de precipitación va de 80,00 a 180,00 mm (Secretaria General de Seguridad y

Gobernabilidad, 2015). Para el análisis de la precipitación en la zona de estudio se consideró las estaciones San Antonio de Pichincha (M115), Calderón (M345) y Nayón (M1156).

Mes	Estación San Antonio	Estación Calderón, INAMHI	Estación Nayón
Enero	39,10	51,15	66,4
Febrero	46,20	57,16	84,2
Marzo	63,68	74,71	88,7
Abril	75,00	80,77	122,5
Mayo	51,61	51,04	59,4
Junio	16,60	18,10	24,7
Julio	6,57	11,35	19,9
Agosto	6,42	4,84	14,8
Septiembre	24,38	30,89	44,05
Octubre	52,29	59,84	84,3
Noviembre	45,22	50,92	83,0
Diciembre	31,46	51,89	74,4

Tabla N° 5.3. Valores Multianuales de Precipitación (mm)

Fuente: INAMHI, Anuarios meteorológicos

En el Gráfico N° 5.1, se aprecia la variación de la precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas San Antonio y Calderón; que presentan valores de precipitación anual similares (mayor precipitación en Calderón), siendo la distribución de las lluvias estacionales de similar comportamiento.

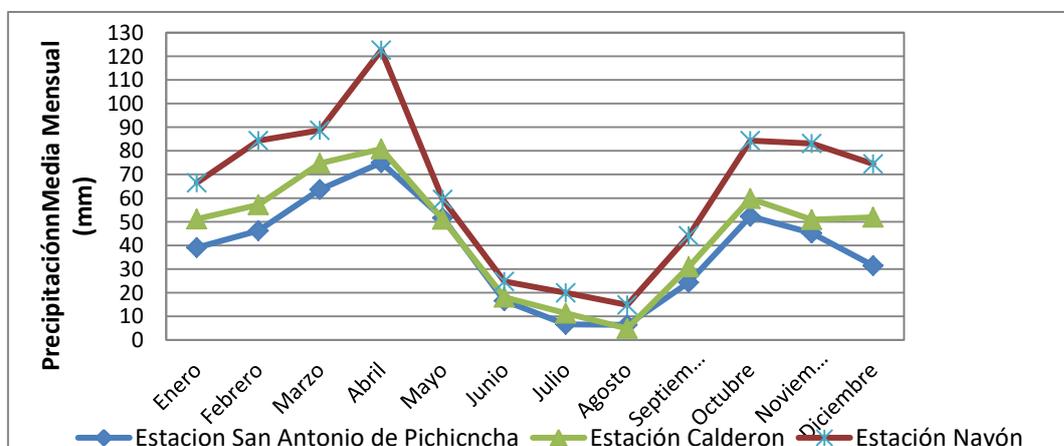


Gráfico N° 5.1. Variación estacional de la Precipitación (mm). Fuente: INAMHI

Las máximas precipitaciones mensuales medias muestran valores de 75,0 mm y 80,77 mm respectivamente en el mes de abril. La pluviosidad mínima corresponde al mes de agosto con precipitaciones mensuales de 6,42 y 4,82 mm, respectivamente, mes en el cual se presentan las mayores temperaturas, lo cual es coherente con el análisis.

La estación Nayón, ubicada más hacia la parte oriental de la zona del proyecto, presenta una distribución temporal de la precipitación similar a las estaciones San Antonio y Calderón, sin embargo, los valores de lluvia son mayores a las mismas, por lo que podría llegar a sobreestimarse la cantidad de lluvia que cae en la zona de estudio, con lo cual se concluye que los valores de las estaciones San Antonio y Calderón son representativas para la zona del proyecto ya que son las más cercanas.

Los valores de lluvia de las estaciones cercanas reflejan que en la zona de estudio y sus alrededores existe un bajo nivel de precipitación, incluso en los periodos considerados lluviosos, se evidencian valores muy escasos de pluviosidad, por esta razón el régimen climático en la zona de estudio se considera de tipo seco.

Adicionalmente, se cuenta con información de la estación Calderón (P20) de la EPMAPS con datos pluviométricos hasta el año 2015 (ver Tabla N° 5.4). Al comparar estos datos con los de la estación Calderón (M345) del INAMHI se evidencia el mismo comportamiento anual y una similitud de datos, con valores de mayor pluviosidad en el periodo marzo – agosto, como se observa en el Gráfico N° 5.2.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2000	-	-	-	-	-	-	29	1,2	69,7	3,6	10,7	86,6	
2001	43,5	34,9	98,4	13	18,5	12,1	13,3	0,4	47,2	1,5	35,2	30,7	348,7
2002	37,1	35,7	96,7	134,3	31,3	26,2	6,2	4,8	1,3	61,5	7,4	0	442,5
2003	0,0	44,3	73,4	99,4	10,0	0,0	0,2	3,3	8,2	36,3	50,0	66,6	391,7
2004	38,0	28,2	37,7	49,6	42,3	7,3R	12,4R	1,0R	51,4	31,0	0,0	0,0	298,9
2005	4,1	97,0	87,4	65,5	26,8	12,0	11,2	5,8	44,3	87,3	40,5	4,1	486,0
2006	9,2	28,1	103,6	183,3	36,6	51,0R	4,4R	3,6R	4,9	59,0	45,2	77,6R	606,5
2007	60,0R	16,9R	99,5R	125,5R	33,6R	28,1R	12,7R	18,7R	1,2	81,7	24,3R	34,6R	536,8
2008	69,4	29,9	134,6	127,5	89,2	39,4	6,8	21,8	20,0	126,9	42,9	35,5	743,9
2009	118,8	134,2	100,0	42,7	50,1	25,4	2,7	1,9	1,0	50,9	5,4	38,9	572,0
2010	7,8	31,6	73,1	72,3	64,0	25,0	49,3	12,4	33,50	36,4R	75,59	168,36	649,4
2011	60,9	59,6	102,2	165,0	41,1	8,5	36,9	31,2	20,2	32,6	32,3	13,0	603,5
2012	50,0	56,4	88,4	52,1	19,2	12,1	3,2	3,7	6,9	59,8	58,7	10,7	421,2
2013	50,80	59,3	42,7	80,4	64,6	1,7	0,9	10,1	13,50	96,8	9,40	30,30	460,6

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2014	66,60	18,1	79,6	49,9	79,4	9,4	3,3	2,8	51,25	102,0	1,18	28,73	492,2
2015	19,18	10,6	77,8	58,6	38,6	1,4	17,7	0,3	0,82	0,3	40,56	3,70	269,6
Prom.	40,8	49,1	91,5	98,0	40,3	21,4	15,4	8,8	25,2	50,7	30,8	46,3	518,5
Máx.	118,8	134,2	134,6	183,3	89,2	51,0	49,3	31,2	69,7	126,9	75,6	168,4	183,3
Min.	0,0	16,9	37,7	13,0	10,0	0,0	0,2	0,4	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0

R: Dato rellenado con Pluviómetro Valor Totalizador Diario

Tabla Nº 5.4. Valores Multianuales de Precipitación, Estación Calderón (P20), EPMAPS (mm)

Fuente: EPMAPS, 2017

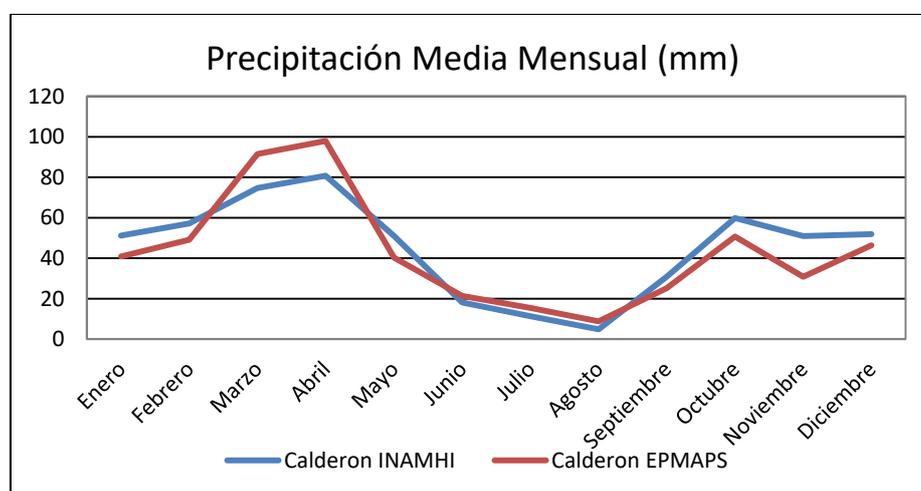


Gráfico Nº 5.2. Precipitación Media Mensual (mm)

Precipitación máxima en 24 horas

Por otro lado, la precipitación máxima promedio en 24 horas para la estación Calderón (P20) es de 13,76 mm. Las mayores precipitaciones diarias se han presentado en los meses de diciembre a mayo con valores entre 15,5 y 21,4 mm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
2000	14,1	8,6	33,1	8,9	19,1	20	11,8	1,7	22,3	0	14,3	32,3	15,52
2001	26,9	0	3,5	5,5	0	3,1	0	0	34,3	0	-	-	7,33
2002	11,8	10	13,5	10	12	0	0	2,4	0	20	18,6	32,6	10,91
2003	8,7	24,4	21,1	27,6	15,3	5,3	7,7	0	10,1	10	16,5	4,6	12,61
2004	12,1	0	16,6	8,9	9,1	0	5,1	0	15,3	12,8	17	-	8,81

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
2005	7,1	21,3	18,3	13,8	20,8	8,6	6,7	0	34,2	30,7	0	5,3	13,9
2006	8	9,3	17,8	40,6	21,4	18,5	0	0,1	2,2	19	15,7	20,8	14,45
2007	15,4	14,2	30	20,4	0	0	0	0	0	16	21,6	7	10,38
2008	23,4	34	22,5	30,5	18,8	16	3,2	3,2	14	16,5	15,8	22,4	18,36
2009	18,4	19,9	22	16,9	40,1	9,5	0,3	0	1,2	23,2	5,5	25,5	15,21
2010	6,8	21	10,6	18,7	25,8	-	16,1	2,5	17,3	10,5	17,8	42	17,19
2011	24,3	23,9	11,7	14	10,9	5,8	26,9	8,8	9,1	19,6	5,3	9	14,11
2012	12,4	23,9	24,5	27,4	10,7	24,8	0	1,8	7,5	12,2	22,2	6,4	14,48
2013	22,5	21,4	32,8	72	13,3	0	0,1	9	18,9	27	6,7	16,7	20,03
2014	20,5	10	16,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	13,1
PROM.	15,49	16,13	19,63	21,38	15,52	8,58	5,56	2,11	13,31	15,54	13,62	18,72	

Tabla N° 5.5. Valores de Precipitación Máxima en 24 horas (mm), Estación Calderón, EPMAPS

Fuente: EPMAPS

Intensidades máximas de precipitación por estación

Zambrano, M. (2013) realizó al análisis de 15 estaciones pluviométricas pertenecientes a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) entre los años 2003 y 2012, con una ocurrencia de 5 minutos. Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) se obtuvieron considerando extremos aquellos eventos que tenían un periodo de retorno mayor o igual a 5 años y la función de distribución Gamma, con información histórica de 10 años con series de precipitación a intervalos de cinco minutos.

En el trabajo en mención se establecieron curvas IDF para 15 estaciones pluviométricas ubicadas en Quito, como son: Rumihurco (P03), Rumipamba (P08), Iñaquito (P09), DAC Aeropuerto (P10), Antenas (P11), Toctiuco (P12), Cumbayá (P13), El Cinto (P15), Izobamba (P16), El Tingo (P17), La Tola (P19), Calderón (P20), Chillogallo (P21), Atacazo (P23) y EL Troje (P25)

El área de estudio se localiza cercana a la estación Calderón (P20), por lo cual se ha tomado para el análisis de intensidades de lluvias.

La ecuación para las curvas IDF de la estación Calderón (P20), es la siguiente:

$$I(t, T) = \frac{9,3756 * \ln T + 22,6219}{(41,6779 + t)^{0,9989}}$$

Donde,

I = Intensidad Máxima de Precipitación (mm/min)

t = duración (min)

T = Periodo de retorno (años)

El gráfico de curvas IDF Intensidad Duración y Frecuencia se obtuvo para periodos de retorno de 3, 5, 10, 15, 25, 30 y 50 años. Las curvas IDF determinadas para la estación Calderón P20 se indica a continuación en el Gráfico N° 5.3:

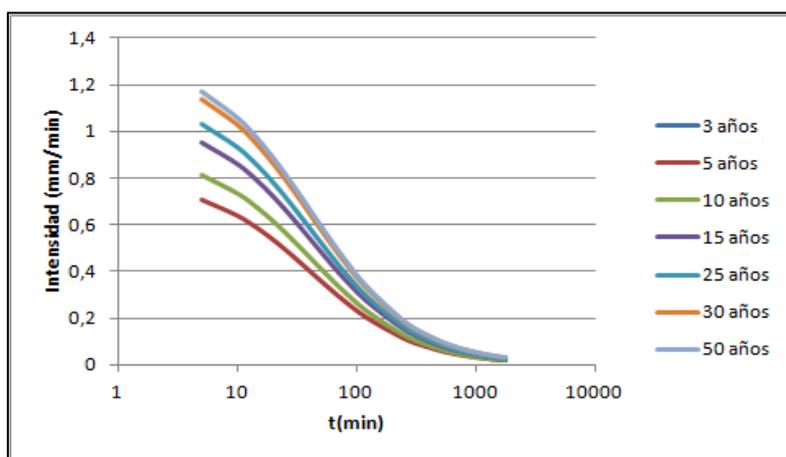


Gráfico N° 5.3. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (mm/min), escala logarítmica, Estación P20
Fuente: Escobar y Zambrano, 2013; Escuela Politécnica Nacional

Los valores de intensidad de lluvia en mm/h (milímetros por hora) se muestran resumidamente en la Tabla N° 5.6, a continuación.

Intensidad de precipitación (mm/h)							
	Periodo de retorno (años)						
$t(\text{min})$	3	5	10	15	25	30	50
5	42,5	48,7	57,1	62,0	68,2	70,4	76,5
30	27,7	31,7	37,2	40,4	44,4	45,8	49,9
60	19,5	22,4	26,2	28,5	31,3	32,3	35,2
120	12,3	14,1	16,5	17,9	19,7	20,3	22,1
360	5,0	5,7	6,6	7,2	7,9	8,2	8,9
720	2,6	3,0	3,5	3,8	4,2	4,3	4,7
1440	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,2	2,4

Tabla N° 5.6. Intensidad de precipitación (mm/h), Estación Calderón, EPMAPS
Fuente: Escobar y Zambrano, 2013; Escuela Politécnica Nacional

En la siguiente tabla se muestra la lámina de precipitación máxima (en mm) para la estación Calderón de acuerdo a diferentes tiempos de duración de lluvia en minutos obtenida de las curvas IDF.

t(min)	Precipitación máxima (mm)						
	Periodo de retorno (años)						
	3	5	10	15	25	30	50
5	3,5	4,1	4,8	5,2	5,7	5,9	6,4
30	13,8	15,9	18,6	20,2	22,2	22,9	24,9
60	19,5	22,4	26,2	28,5	31,3	32,3	35,2
120	24,6	28,1	33,0	35,8	39,4	40,7	44,3
360	29,7	34,0	39,9	43,3	47,6	49,2	53,5
720	31,3	35,9	42,1	45,7	50,3	51,9	56,5
1440	32,3	36,9	43,3	47,0	51,7	53,4	58,1

Tabla N° 5.7. Precipitación Máxima (mm), Estación Calderón, EPMAPS

Fuente: Escobar y Zambrano, 2013; Escuela Politécnica Nacional

Intensidades máximas de precipitación del INAMHI

El INAMHI ha realizado la actualización del “Estudio de Lluvias Intensas” elaborado por el Ing. Luis Rodríguez publicada en el año 1999. El nuevo informe realizado en el año 2015 se denomina “Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación” contiene información relacionada al cálculo y trazado de curvas de intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones con sus respectivas ecuaciones y ajustes estadísticos para diferentes periodos de retorno.

Adicionalmente, se determinaron las intensidades máximas de precipitación en 24 horas a partir de información pluviométrica para diferentes periodos de retorno. Los periodos de retorno considerados fueron de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Entre las estaciones pluviográficas analizadas consta la estación Calderón (M0345) del INAMHI, cuyos valores de intensidad máxima (mm/h) en 24 horas se describen a continuación.

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
Intensidad 24 h (mm/h)	1,43	1,77	1,97	2,2	2,36	2,5

Tabla N° 5.8. Intensidad máxima en 24 horas (mm/h), Estación Calderón, INAMHI

Fuente: INAMHI, 2015

A partir de las intensidades máximas en 24 horas se ha determinado la lámina de precipitación máxima en la estación Calderón INAMHI (M0345), que se indica en la Tabla N° 5.9.

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
P máx 24 h (mm)	34,32	42,48	47,28	52,8	56,64	60

Tabla N° 5.9. Lámina de precipitación máxima en 24 horas (mm), Estación Calderón, INAMHI

Fuente: INAMHI, 2015

Los valores de precipitación obtenidos son muy similares, sin embargo, son más altos a los valores de precipitación máxima de la estación Calderón a partir de las curvas IDF de la Tabla N° 5.6 para un tiempo de 1440 min (24 horas).

Intensidades máximas a partir de ecuaciones IDF de precipitación máxima de 24 horas

Del estudio actualizado de lluvias intensas realizado por el INAMHI en 2015 se realizó una nueva zonificación de intensidades máximas en todo el Ecuador. Para cada zona rige una ecuación IDF para determinar la intensidad máxima para diferentes periodos de retorno y tiempos de duración de lluvia.

La zona de estudio, así como la estación Calderón (M0345) se ubica en la zona 9 dentro de la demarcación de la cuenca del río Esmeraldas como se muestra en la Figura N° 5.2.

La ecuación de las curvas IDF para cualquier periodo de retorno de la zona 9 se ha obtenido de la estación Quito INAMHI-IÑAQUITO (M0024), misma que describe como sigue:

$$5 \text{ min} < 41,1 \text{ min}; \quad I_{TR} = 106,54 * Id_{TR} * t^{-0,38}$$

$$41,1 \text{ min} < 1440 \text{ min}; \quad I_{TR} = 772,11 * Id_{TR} * t^{-0,913}$$

Donde:

I_{TR} : Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno;

t : duración de lluvia (minutos), y;

Id_{TR} : intensidad diaria para un periodo de retorno dado en (mm/h).

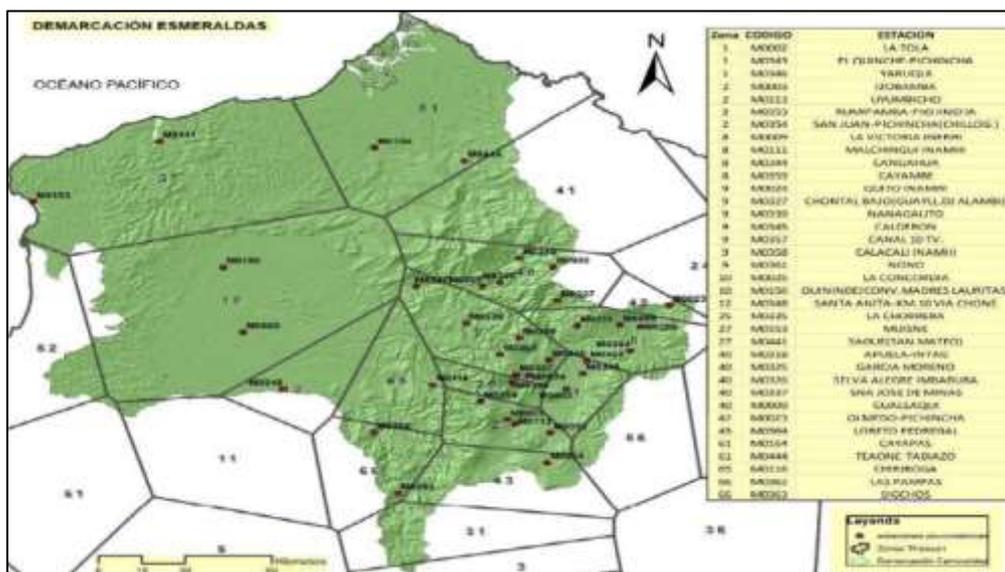


Figura N° 5.2. Zonificación de intensidades de la demarcación del Esmeraldas

Fuente: INAMHI, 2015

A partir de las ecuaciones antes mencionadas se determinó la intensidad de precipitación para los periodos de retorno que se indican en la Tabla N° 5.10. Adicionalmente, se observan los valores de I_{DTR} obtenidas a partir de mapas de intensidades máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

Intensidad de precipitación (mm/h)						
I_{DTR} (mm/h)	1,5	2	2,3	2,6	2,8	3,2
	Periodo de retorno (años)					
t (min)	2	5	10	25	50	100
5	86,70	115,59	132,93	150,27	161,83	184,95
30	43,88	58,51	67,29	76,06	81,92	93,62
60	27,56	36,75	42,26	47,77	51,45	58,80
120	14,64	19,52	22,44	25,37	27,32	31,23
360	5,37	7,16	8,23	9,31	10,02	11,45
720	2,85	3,80	4,37	4,94	5,32	6,08
1440	1,51	2,02	2,32	2,62	2,83	3,23

Tabla N° 5.10. Intensidades de precipitación (mm/h) en la Zona 9

Fuente: INAMHI, 2015

Los valores de intensidad difieren notablemente de las intensidades de precipitación de la Estación Calderón EPMAPS de la Tabla N° 5.6, sobre todo para tiempos de duración pequeños. No obstante, tienden a ser similares con valores altos, sobre todo para 1440 minutos.

A partir de la intensidad máxima se determinó la lámina de precipitación máxima en 24 horas que podría llegar a caer sobre la zona 9, como se visualiza en la Tabla N° 5.11.

Precipitación máxima (mm)						
	Periodo de retorno (años)					
t (min)	2	5	10	25	50	100
5	7,2	9,6	11,1	12,5	13,5	15,4
30	21,9	29,3	33,6	38,0	41,0	46,8
60	27,6	36,7	42,3	47,8	51,4	58,8
120	29,3	39,0	44,9	50,7	54,6	62,5
360	32,2	42,9	49,4	55,8	60,1	68,7
720	34,2	45,6	52,5	59,3	63,9	73,0
1440	36,3	48,5	55,7	63,0	67,8	77,5

Tabla N° 5.11.- Precipitación Máxima (mm) en la Zona 9

Fuente: INAMHI, 2015

Se ha comparado los valores obtenidos de precipitación por los métodos antes descritos y se muestran las tablas siguientes para los periodos de retorno de 5, 50 y 100 años.

t(min)	Calderón (P20)	Zona 9
5	4,1	9,6
30	15,9	29,3
60	22,4	36,7
120	28,1	39,0
360	34,0	42,9
720	35,9	45,6
1440	36,9	48,5

Tabla N° 5.12. Precipitación Máxima (mm) entre Estación Calderón (P20) y Zona 9, TR: 5 años

t(min)	Calderón (P20)	Zona 9
5	6,4	13,5
30	24,9	41,0
60	35,2	51,4
120	44,3	54,6
360	53,5	60,1
720	56,5	63,9
1440	58,1	67,8

Tabla N° 5.13.- Precipitación Máxima (mm) entre Estación Calderón (P20) y Zona 9, TR: 50 años

t(min)	Calderón (P20)	Zona 9
5	7,1	15,4
30	27,7	46,8
60	39,0	58,8
120	49,1	62,5
360	59,4	68,7
720	62,7	73,0
1440	64,5	77,5

Tabla N° 5.14. Precipitación Máxima (mm) entre Estación Calderón (P20) y Zona 9, TR: 100 años

En todas las tablas anteriores, se evidencia claramente que los valores de precipitación máxima con la ecuación IDF de la zona 9 son mayores a los obtenidos de la estación Calderón (P20) de la EPMAPS.

Esto puede deberse a la estación de referencia para determinar la ecuación IDF para la zona 9, que es Quito INAMHI-IÑAQUITO (M0024) que se ubica al sur de la zona de estudio, donde diversos estudios indican mayor cantidad de precipitaciones.

Una rápida comparación entre los datos de las estaciones Quito INAMHI-IÑAQUITO (M0024) y la estación CALDERÓN (M0345) indican una precipitación total medio anual de 1240 mm para la primera estación y 705 mm para la segunda, en un periodo comprendido entre 2006 y 2012. Esto puede indicar que la ecuación de las curvas IDF para la zona 9 podría sobrestimar los datos de precipitación en la zona de estudio.

Por tanto, se podría tomar como válidos los datos de precipitación máxima de la Tabla N° 5.7 de la estación Calderón EPMAPS (P20) para fines de diseño y análisis de eventuales situaciones de riesgo de origen hidrometeorológico

Frecuencias de precipitación

La frecuencia de un evento de precipitación máxima analiza la probabilidad de que este evento vuelva a ocurrir en un periodo de tiempo. Este periodo de tiempo depende específicamente del tiempo de vida útil de las obras hidráulicas para el que se diseñe.

En la Tabla N° 5.6 se ha determinado la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno (TR en años), como se muestra en el Gráfico N° 5.4.

Así, tomando como ejemplo los valores de precipitación para una frecuencia de ocurrencia de 25 años (periodo de diseño de alcantarillado en zonas urbanas), en la zona de San Francisco se tiene los valores de precipitación máxima que se muestran en la Tabla N° 5.15.

<i>t(min)</i>	5	30	60	120	360	720	1440
P máx. (mm)	5,7	22,2	31,3	39,4	47,6	50,3	51,7

Tabla N° 5.15.- Precipitación Máxima (mm) Tr =25 años, Estación Calderón, EPMAPS

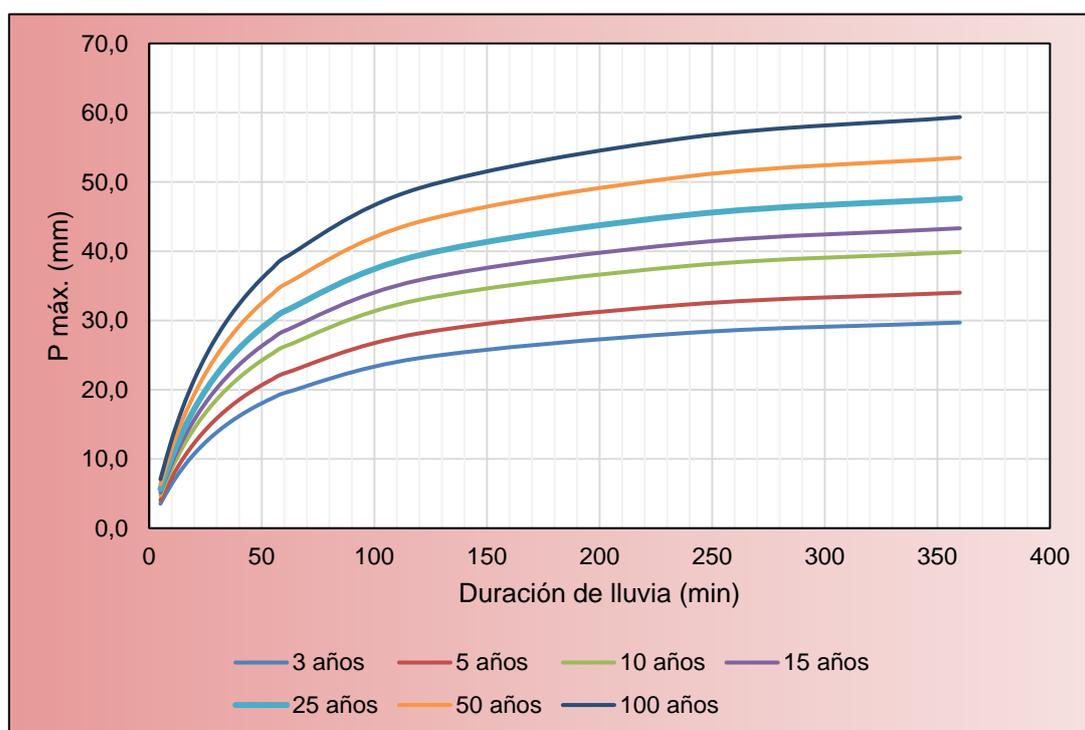


Gráfico N° 5.4.- Precipitación máxima (mm), Estación P20

5.1.3 Temperatura.

La ciudad de Quito se encuentra rodeada por grandes elevaciones que estabilizan los efectos de la temperatura. La temperatura media anual en Quito es de 14,6 °C, con poca variación media mensual, pero con una fuerte variación durante el día, con valores que oscilan entre 9,9 °C y 21,5 °C, y que pueden llegar desde 4°C hasta los 25 °C, principalmente en los meses de agosto y septiembre (Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad, 2015).

La estación con datos de temperaturas medias anuales, y que está más cercana a la zona de Laderas de San Francisco es la estación San Antonio de Pichincha (M115); además que presenta características topográficas muy parecidas a la zona de estudio.

De acuerdo a los datos de esta estación la temperatura media multianual es de 16 °C, teniéndose poca variación mensual, el resumen de los valores medios mensuales de temperatura máxima y mínimas se presentan en la Tabla N° 5.16.

Año	Ene	Feb	Marzo	Abr	Mayo	Jun	Jul	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	15,9	16,0	16,0	16,0	16,1	16,1	15,8	16,4	16,4	15,9	15,9	16,0
Mínima	10,0	10,1	10,2	10,5	10,5	9,4	8,7	9,3	9,4	9,8	9,7	9,8
Máxima	22,4	22,3	22,2	22,2	22,3	23,1	23,2	23,7	23,7	22,9	22,7	22,5

Tabla N° 5.16. Valores Multianuales de Temperatura Estación San Antonio de Pichincha
Fuente: INAMHI, varios anuarios meteorológicos

La temperatura varía de 15,8 °C as 16,4 °C, siendo los meses más calientes los de junio a septiembre, donde los valores de las mismas pueden llegar a los 23,7 °C.

En el Gráfico N° 5.5 se puede observar la variación de la temperatura en función del tiempo:

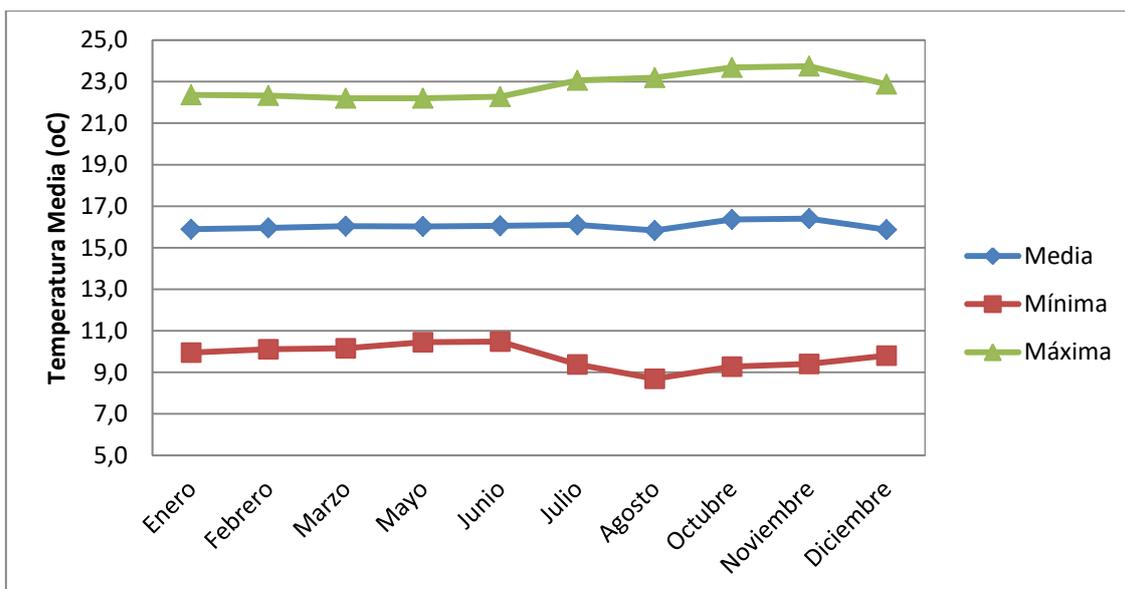


Gráfico N° 5.5.- Distribución Multianual de Temperatura Estación San Antonio de Pichincha

5.1.4 Humedad relativa

En el Gráfico N°5.6 se deduce que la humedad relativa media es del 84,5 %, humedad relativa mínima se da en los meses de julio y agosto con valores entre 79,7% y 80,5%, lo cual mantiene la tendencia con las bajas temperaturas y menores precipitaciones; mientras que el resto de los meses se mantiene entre los 83 y 87%.

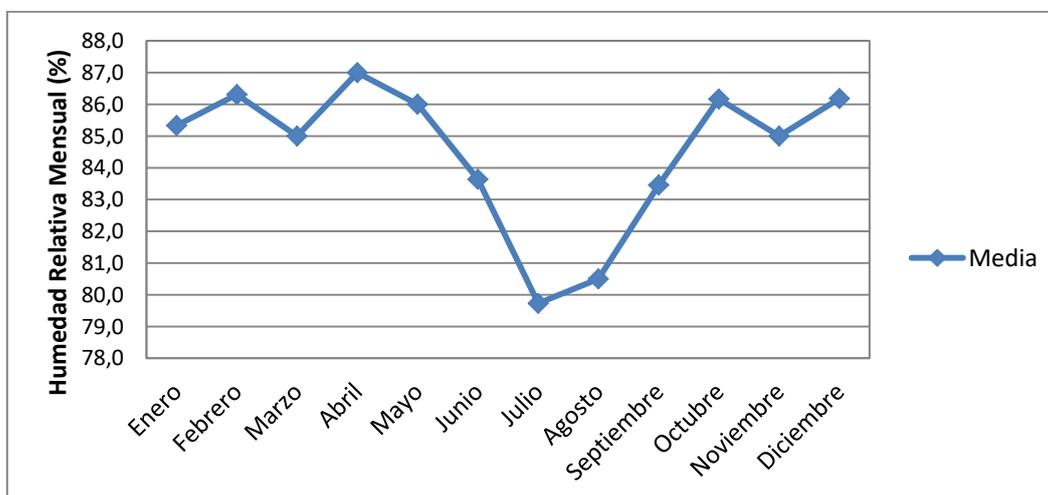


Gráfico N° 5.6. Variación estacional de la Humedad Relativa (%), Estación San Antonio de Pichincha

5.1.5 Nubosidad

En el Gráfico N° 5.7, se aprecia el comportamiento estacional de la nubosidad en la estación San Antonio de Pichincha, el valor medio de nubosidad es de 5 octas, la mínima llega a 3 y la máxima a 7 octas.

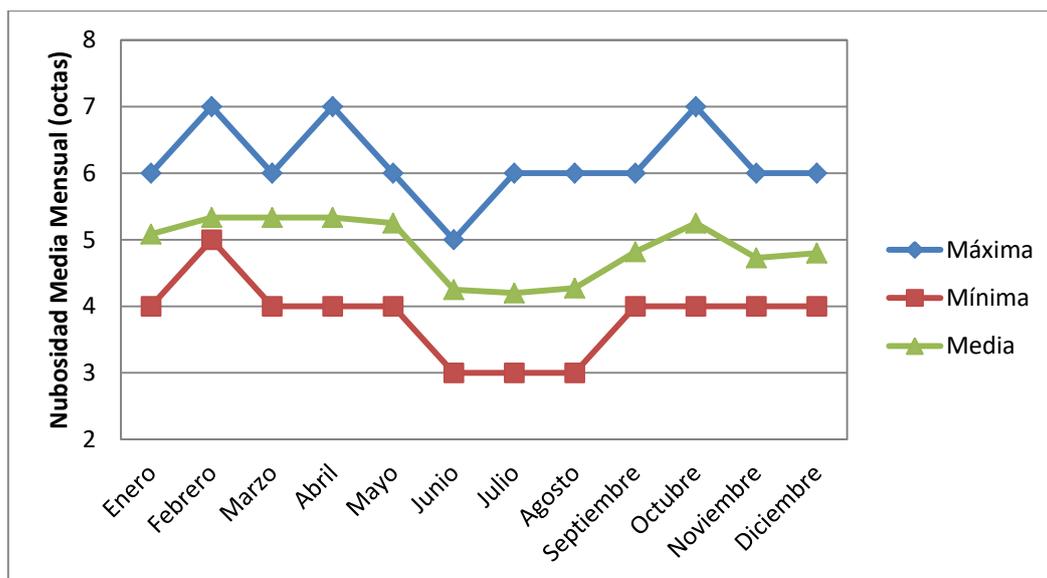


Gráfico Nº 5.7. Variación estacional de la nubosidad (octas), Estación San Antonio de Pichincha

5.1.6 Velocidades del Viento.

Las velocidades el viento varían entre 1 y 2 m/s, pudiendo alcanzar los valores de 2 y 4 m/s entre las 13h00 y las 16h00. Durante el mes de agosto los promedios diarios se incrementan y varían entre 2 y 4 m/s, pudiendo alcanzar valore entre 8 y 10 m/s desde las 13h00 hasta las 16h00; sin embargo, no se puede hablar de direcciones dominantes o velocidades promedio, debido a que estos parámetros meteorológicos son muy variables en Quito y dependen de la estación y la zona en la que se los midan (Secretaria General de Seguridad y Gobernabilidad, 2015).

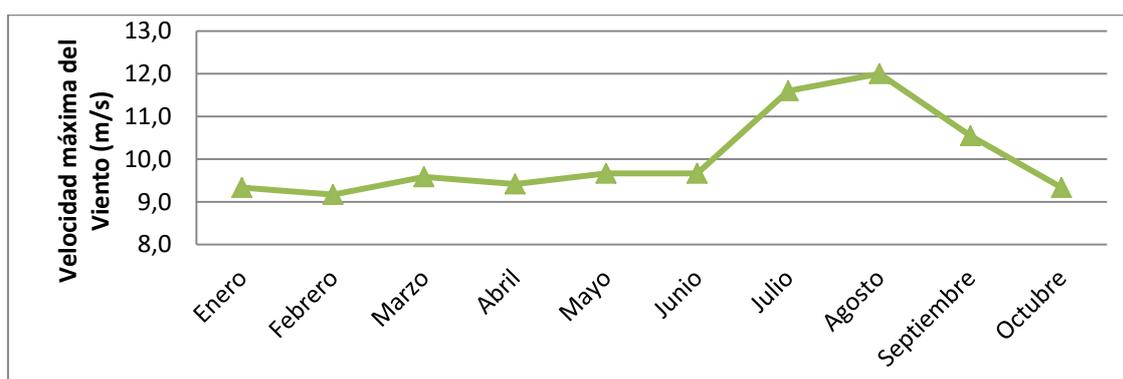


Gráfico Nº 5.8. Variación estacional de las máximas velocidades del viento (m/s), Estación San Antonio de Pichincha

El viento se produce por el gradiente de temperatura del aire, así la dirección predominante del viento provee indicaciones sobre el desplazamiento de masas de aire, y por ende sobre la formación de tormentas.

La estación San Antonio presenta registros de máximas velocidades del viento, observándose que la velocidad media del viento en el área de estudio es del orden de 10 m/s. Variando en un rango de 3 a 16 m/s. La dirección predominante de la dirección del viento es hacia el NW de la estación.

5.1.7 Diagrama Ombrotérmico

Como se puede ver en el siguiente gráfico, en la estación meteorológica de San Antonio de Pichicha en los meses de junio a septiembre hay un período de aridez bien marcado.

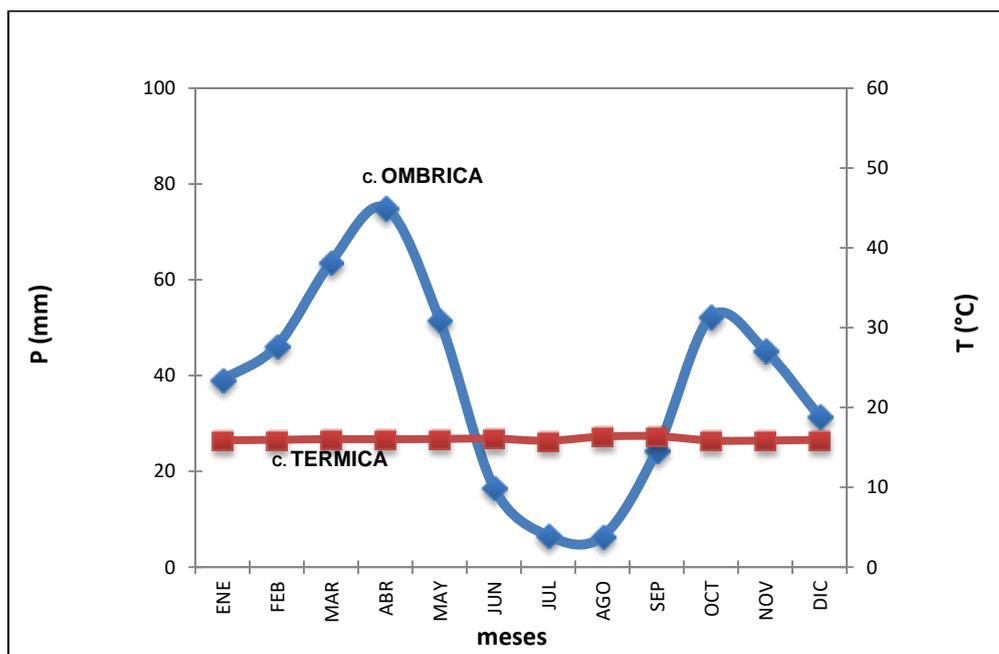


Gráfico N° 5.9.- Diagrama Ombrotérmico estación San Antonio

En el Anexo N° 3, se presenta las tablas con los valores anuales de las variables meteorológicas

5.2 ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

Se hace un análisis hidrogeológico de la posibilidad de tener aguas subterráneas, que pudieran incrementar la amenaza por movimientos de terrenos inestables, se analiza la Infiltración de Agua, Escorrentía Superficial del Terreno y la Presencia de Niveles Freáticos Altos y su Variación Temporal.

5.2.1 Infiltración

La zona de estudio está en un ambiente de volcanso – sedimentos provenientes del Complejo Volcánico Mojanda – Fuya Fuya, y de los volcánicos indiferenciados; todos estos depósitos tienen una alta permeabilidad debido a que son principalmente arenas medias y finas, de origen eólico; intercaladas con lapillis de tamaño medio.

Los ensayos de suelos han confirmado la alta porosidad de los suelos locales (mediante la clasificación SUCS); se puede observar que la mayoría de los ensayos caen en el rango SM – ML, con un contenido mayor siempre al 30-40% de arenas; lo que indica una alta permeabilidad del suelo.

Esto ha determinado que la infiltración del agua de escorrentía sea muy alta, los niveles inferiores dejan pasar el agua hacia los niveles más profundos (Foto N° 5.1); como se analizó en la sección de Geología, todas las formaciones presentes tienen altas porosidades, por lo que la infiltración será alta y a su vez no permitiría la acumulación de agua en reservorios de rocas porosas.



Foto N° 5.1. Niveles de arenas volcánicas – pómez (Volcánicos Mojanda – Fuya Fuya) con alta porosidad, los estratos tienen una gran infiltración de aguas a los niveles inferiores.

5.2.2 Escorrentía superficial

Las aguas corren fácilmente por la superficie en la zona de LSF, pero erosionan profundamente los cauces formados y crean cárcavas de erosión sobre todo por el mal uso del agua.

En el Capítulo 7, se analiza en detalle las amenazas Hidrometeorológicas por erosión hídrica, íntimamente asociada a la Escorrentía Superficial, se concluye finalmente que la amenaza es más intensa en las zonas donde existe intervención humana (mal uso de aguas y canteras abandonadas), en las zonas donde existe el bosque seco y zonas planas, la amenaza es baja.

5.2.3 Variación estacional de niveles freáticos

No existen niveles freáticos altos, toda el agua baja a más de 30 m de profundidad y no hay pozos artesianos.

Referencias del Sr. Rafael Gualoto, propietario del Área Minera San Rafael I, indica que los dueños de los terrenos de la zona eran los Padres Oblatos, que intentaron un pozo para extraer agua en la zona de Planada de San Francisco, pero se encontraron con roca (estos trabajos se hicieron hace más de 50 años), por lo que no existen aguas subterráneas en el área de estudio.

Igual referencia fue dada por el Sr. Julio Pincay, parte de la directiva del Barrio Laderas de San Francisco, el cual indica que no hay aguas subterráneas, ni ojos de agua en la zona, que los cultivos – huertos de árboles aprovechan las aguas servidas para irrigar los mismos.

En el reconocimiento de campo no se vieron niveles de roca con signos de humedad (Foto N° 5.2), a pesar de tener estratos altamente porosos como lapillis (Volcánicos Mojanda – Fuya Fuya) y arenas con gravas (Fm. San Miguel); por ello se concluye que no hay niveles con aguas subterráneas cerca de la superficie y que no hay variación estacional (en la temporada de lluvias) de los niveles freáticos (posiblemente estos se encuentran a profundidades mayores a 100-200 m).



Foto N° 5.2. Niveles de arenas deltaicas (Fm. San Miguel) con alta porosidad, no se observan indicios de humedad en las mismas.

CAPÍTULO VI

ESTUDIO AMBIENTAL

CAPÍTULO VI

ESTUDIO AMBIENTAL

6.1 DIAGNÓSTICO SOCIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se hace un estudio ambiental del área de estudio para determinar el estado del medio biótico (animales y plantas), y el impacto ocasionado por la actividad humana como los procesos urbanísticos, explotación de canteras, contaminación por basura, etc.

Con fecha 2 de marzo del 2017 se obtiene el Certificado de Intersección por parte del Ministerio del Ambiente en el cual mediante informe MAE – SUJA – RA- DPAPCH – 2017 – 229010 se determina que el área conocida como Laderas de San Francisco **SI INTERSECTA** con el bosque protector **FLANCO ORIENTAL DE PICHINCHA Y CINTURÓN VERDE DE QUITO**. Anexo N° 4 Certificado de Intersección MAE.

Las Laderas de San Francisco se encuentran dentro de un área sensible en el Distrito Metropolitano de Quito, por lo que de acuerdo a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial No. 134 y el Acuerdo Ministerial No. 076, se debe realizar un inventario forestal previo a cualquier actividad (agrícola, urbanística, etc.) y con el estricto control por parte de la Dirección Forestal del Ministerio del Ambiente.

6.1.1 Objetivos del Estudio Ambiental

- Realizar un Diagnóstico Socio Ambiental a detalle y evaluar los principales impactos ambientales que se producen producto del crecimiento urbanístico en el sector conocido como Laderas de San Francisco, proponer un Plan de Manejo Ambiental para prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales negativos e impulsar los impactos positivos, en cumplimiento con la normativa ambiental nacional y local.
- Diagnosticar la situación ambiental y socioeconómica del área de influencia directa e indirecta del Proyecto.
- Evaluar y jerarquizar los impactos ambientales significativos que pudieran ocasionar las actividades a realizar en el proyecto.
- Realizar el levantamiento de la línea base ambiental en la zona.
- Caracterizar la flora y fauna de la zona de estudio.
- Estructurar un Plan de Manejo Ambiental que permita el seguimiento y control en el área Laderas de San Francisco.

6.1.2 Marco de Referencia Constitucional y Legal

Constitución Política de la República

En el Título I, “De los Principios Fundamentales”, artículo 3 “Deberes del Estado”, numeral 3 señala: “Defender el patrimonio natural y cultural del país y proteger el medio ambiente”.

Ley de Gestión Ambiental

En su artículo 12, Capítulo IV “De la Participación de las Instituciones del Estado”, define como obligaciones de las instituciones del Estado del sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, numeral 2. “Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del Ambiente”.

Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

La finalidad de esta Ley es asegurar la utilización racional de los recursos forestales y su reposición, adoptando las medidas que permitan controlar la explotación, industrialización y comercialización de los productos forestales disponibles, al mismo tiempo que se emprenda en la investigación y estudio encaminados a lograr la conservación y el desarrollo de los recursos forestales, así como a delimitar y administrar las áreas declaradas como de protección y regular el crecimiento de las fronteras agrícolas.

Complementariamente, se indica que el patrimonio del Estado Ecuatoriano de las Áreas Naturales deberá conservarse inalterado. A este efecto se formularán planes de ordenamiento de cada una de dichas áreas.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

Expedida mediante decreto Supremo N° 374 del 21 de Mayo de 1976 publicada en el registro oficial N° 97, del mismo mes y año, tiene como finalidad fundamental precautelar la buena utilización y conservación de los recursos naturales del país, en pro del bienestar individual y colectivo. Muchos artículos de esta Ley han sido derogados por la Ley de Gestión Ambiental en tanto en cuanto se refieren a aspectos de institucionalidad y coordinación organizacional que ya no están vigentes en la actualidad.

Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, TULAS

Libro VI de la Calidad Ambiental, proporciona las pautas sobre el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, mediante el reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental SUMA, que establece las directrices, condiciones y elementos básicos que se deben considerar para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), las instancias en las que se deberá realizar la consulta y participación ciudadana que se deben aplicar para la obtención de la licencia ambiental.

Complementariamente en este libro se destaca el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación que determina las normas para la gestión ambiental de obras u otras actividades, a fin de evitar la contaminación ambiental de los recursos naturales, mismas constan en los siete Anexos del mencionado Reglamento.

El Libro IV de la Biodiversidad, que contiene las disposiciones para la gestión sustentable de los recursos naturales de las áreas protegidas, debe ser observado también por el Proyecto para determinar con precisión las acciones permitidas en el marco del uso de los recursos para beneficio del proyecto.

Esta normativa fue publicada el 31 de marzo del 2003 y promulgada mediante Decreto Supremo No. 3516 del 27 de diciembre de 2002.

6.1.3 Alcance

La profundidad del Diagnóstico está estrechamente relacionado con las características del proyecto y del entorno socio ambiental del mismo, por tal razón el estudio se encargará de establecer las metodologías para el análisis de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del área de influencia a fin de identificar sus características del entorno y evidenciar la sensibilidad del mismo.

Presentar las metodologías a nivel de detalle, las condiciones socio-ambientales existentes en el área de influencia del proyecto, incorporando en la Línea Base los respectivos análisis de laboratorio por componente natural. Adicionalmente será estructurado en base a la información secundaria existente, integrando de esta manera la información necesaria y apropiada para la evaluación ambiental y la estructuración del correspondiente Plan de Manejo Ambiental.

6.1.4 Metodología de Trabajo

Se describen los procedimientos metodológicos empleados para la elaboración del Diagnóstico Socio – Ambiental Integral de Laderas de San Francisco.

Técnicas para el levantamiento de información de campo

Como soporte para la recopilación de información física, biótica y socio-económica en el sitio de estudio, así como para el procesamiento de los datos se utilizó la siguiente base cartográfica y bibliográfica:

- Hojas Topográficas del Instituto Geográfico Militar escala 1:50.000.
- Hojas Geológicas de la Dirección General de Geología y Minas escala 1: 100.000.
- Mapas temáticos del PRONAREG.
- Documentos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC)

Para el levantamiento de la información física y biótica se empleó la metodología de Sobrevila C, 1992 & Bath P, 1992., Evaluación Ecológica Rápida (EER), que permite obtener de forma

relativamente veraz, información confiable sobre las características físicas y biológicas del área de estudio, mediante un recorrido por las áreas de influencia del proyecto determinando los puntos de mayor interés investigativo.

Para el levantamiento de la información socioeconómica del área de estudio se empleó la metodología de RAP (Rapid Anthropological Procedure). Técnica de observación, que se concentra en temas específicos y con objetivos concretos que en el caso de la investigación estará orientada a detectar problemas socio – ambientales.

Mediante la recopilación de testimonios a través de la aplicación de entrevistas personales a informantes calificados (Autoridades Locales, Profesores, Médicos, etc.) con el objetivo de recolectar información concreta relacionada con el medio en que se desenvuelven los pobladores. También se usó el método REA (Rapid Ethnographic Assesment), técnica que al igual que la anterior, prioriza la observación de temas concretos, relacionados con el entorno material y simbólico de la población, a través de entrevistas informales y semi - estructuradas a individuos diversos (quienes no necesariamente ocupan un nivel preponderante en la población).

El levantamiento de la línea base ambiental se desarrolló en tres fases:

Fase 1: Recopilación de información

Fase 2: Investigación de campo de los componentes físico y Biótico

Componente físico.- Uso Actual del Suelo y Formaciones Vegetales.- Identificación mediante fotografías de las áreas de influencia directa y la utilización de los mapas temáticos del PRONAREG y la comparación con el uso que se lleva a cabo dentro del área.

Componente biótico.- Identificación taxonómica in – situ de especies vegetales, Registro fotográfico, Inventario florístico, Observaciones directas y de evidencia (huellas excretas, madrigueras etc.) identificación de especies mediante muestrario preexistente, y recopilación de información secundaria del sector.

Fase 3: Post - investigación

En esta fase se realizó la sistematización de la información obtenida en las fases anteriores, con el objetivo de establecer una visión real y amplia de la problemática socio-ambiental presentada en la zona de estudio y así tener los elementos suficientes para crear lineamientos adecuados para la conservación del medio ambiente y la cultura de los grupos étnicos asentados.

6.1.5 Áreas de Influencia

El área de influencia se define como el espacio físico sobre el cual las actividades del proyecto pueden causar impactos positivos o negativos, sobre los componentes ambientales propios del sitio. Para definir el área de influencia del proyecto Laderas de San Francisco, se tomó en

consideración lo siguiente: Ubicación geográfica, Superficie del área, Rutas de acceso, Elementos Sensibles, Infraestructura, Asentamientos Poblacionales Existentes.

Es importante señalar que el proyecto laderas de San Francisco se encuentra en un área protegida.

Área de Influencia Directa

Para determinar la superficie del área de influencia directa se consideró el espacio físico (ha) del área total del proyecto, es decir 350 hectáreas contiguas.

Además, con el programa ArcGis 9.3 y la ayuda de la opción buffer se estimó un radio de 200 m a partir de los vértices del área de libre aprovechamiento, para determinar el área de influencia directa total (AID); en tal razón, el área de influencia directa se enmarca en un área de 32.6 ha.

Dentro del área de influencia directa se encuentran los siguientes componentes ambientales:

- Vía que conduce hacia el área de estudio
- Medio Biótico(Flora y Fauna)
- Poblaciones asentadas en el área de estudio.

Área de Influencia Indirecta

Asimismo, para determinar el área de influencia indirecta se estimó un radio de 200 m a partir del AID, enmarcándose en un total de **86.25 ha**.

Dentro del Área de Influencia Indirecta se encuentran los siguientes componentes ambientales:

- Vía panamericana norte
- Población de Calderón.

Elemento	Influencia		Descripción
	Directa	Indirecta	
Vía Principal al área de estudio	X		Vía asfaltada de dos carriles
Población de Calderón		X	Acceso Terrestre
Panamericana Norte		X	Acceso Terrestre
Asentamientos urbanos en el área	X	X	Acceso Terrestre

Tabla N° 6.1. Elementos Área de Influencia

Fuente: Trabajo de campo

6.1.6 Diagnóstico Socio Ambiental - Integral

El siguiente diagnóstico socio-ambiental integral tiene la siguiente estructura:

Componentes Sociales

- Identificación de las Autoridades
- Población
- Analfabetismo
- Salud
- Vivienda
- Servicios Básicos: (Agua, Electricidad y Comunicación, Alcantarillado, Servicios de Recolección de Basura).
- Empleo
- Telefonía y comunicación
- Vialidad y Transporte

Estos componentes sociales fueron analizados con la finalidad de tener una perspectiva e identificar los problemas que se hubieren podido presentar en la población de Calderón y en el sector de Laderas de San Francisco; además de identificar el área de influencia del proyecto y con las autoridades de las comunidades anteriormente mencionadas.

Componentes Físicos

- Geología consta en el Capítulo IV
- Suelos
- Uso Actual de Suelos y Formaciones Vegetales
- Riesgos Naturales consta en Capítulo IX
- Clima consta en el Capítulo V
- Paisaje

El componente físico nos ayuda a describir y caracterizar el área de estudio, lo cual permitirá la identificación de las zonas sensibles.

La Línea Base tiene carácter general y una vez establecida, es única para todas las etapas del proyecto. Sus componentes se han establecido de acuerdo con las condiciones existentes en el área de estudio, de manera que han permitido alcanzar la comprensión de los ecosistemas y las posibles afectaciones o impactos que se pudieren haber generado.

Componentes Naturales

- Flora
- Fauna

Esta identificación se la realizó para determinar las poblaciones, especies dominantes y su abundancia en el sector, las cuales entre otras medidas bióticas que nos ayudarán a adoptar medidas de conservación de la biodiversidad y los componentes naturales en el sector.

Además ayudarán a proteger y mantener de forma categórica este remanente de vida, ya que este pequeño sistema ecológico de Bosque Flanco Oriental del Pichincha y cinturón verde de Quito provee de diversidad genética y salud ecológica a la zona de influencia del proyecto.

Componentes Sociales

Identificación de autoridades

Para la realización de la difusión del Diagnóstico Socio Ambiental se tomó en cuenta las autoridades locales de las comunidades, parroquias y cantón del Área de Influencia Directa e indirecta a fin de recoger sus percepciones y aportes para ser incluidos en el Diagnóstico Socio Ambiental.

Se invitó a los representantes con la finalidad de transferir la información difundida en la reunión informativa a los integrantes de las Organizaciones, Instituciones, Asociaciones, Gremios, y otros tipos de agrupaciones.

A continuación se presenta el listado de todas las autoridades del área de influencia del proyecto:

ASENTAMIENTO	DIRIGENTE
Cristo Rey 1	Janeth Galarza
Cristo Rey 2	Enma Calderón
Mira Quito	Rosa Condolo
Campo Alegre	Raúl Ronquillo
Colinas de Bellavista	Janeth Correa
Laderas de San Francisco	Juana Márquez

Tabla Nº 6.2. Listado de representantes
Trabajo de Campo Yeminserv, 2017

Población

Calderón es una de las Parroquia rurales más grandes del Cantón Quito, por su cercanía a la metrópoli ha crecido significativamente, esto ha ocasionado que se formen nuevos barrios siendo estos su mayoría ilegales. En estos casos las organizaciones son dinámicas y existe la participación de todos sus miembros, este compromiso y cooperación se evidencia hasta que sus propiedades estén legalizadas y cuenten con los servicios básicos necesarios, una vez conseguidos los fines, la participación de la comunidad disminuye.

En lo que se refiere a las organizaciones funcionales esta Parroquia, no cuenta con un registro de organizaciones que trabajan en Calderón tomando en cuenta que en esta zona laboran

organizaciones con una diversidad de funciones, cada una de las cuales realiza su trabajo de forma particular.

El área de estudio para el componente socio ambiental está ubicado en la Provincia de Pichincha, cantón Quito, Parroquia Calderón, sector Laderas de San Francisco.

Según el Censo del 2010, la Parroquia de Calderón registra una población total de 152.242 habitantes, la parroquia se caracteriza por tener un alto grado de urbanización.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
Grandes grupos de edad	Sexo		
	Hombre	Mujer	Total
De 0 a 14 años	22756	22139	44895
De 15 a 64 años	48925	51509	100434
De 65 años y mas	3001	3912	6913
Total	74682	77560	152242

Tabla N° 6.3. Grupos de edad

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)

Analfabetismo

El censo de población del 2010, indica el porcentaje de analfabetismo en relación a la división político administrativa, a nivel de la parroquia Calderón es de 5,21 %.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
Sabe leer y escribir	Casos	%	Acumulado %
Si	130203	94.79	94.79
No	7157	5.21	100.00
Total	137360	100.00	100.0

Tabla N° 6.4. Analfabetismo (sabe leer y escribir)

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)

Salud

Se analiza este aspecto en base a la información estadística recopilada por la municipalidad y la que se la verificó mediante un muestreo general que determinó un completo registro de los establecimientos.

Existen tres categorías de atención a la población, puesto de salud, sub centro de salud y centro de salud, en estos se incluyen dos establecimientos particulares de gran confiabilidad ya que pertenecen a instituciones que realizan una atención seria. Respecto a su ubicación a pesar de estar situados en sitios dispersos de la zona, no cubren con sus radios de influencia la totalidad del territorio.

Vivienda

Localmente las viviendas de las comunidades que se asientan en las laderas de San Francisco, se encuentran constituidas de un solo piso, construidos de madera, cemento y cubiertas de láminas de zinc en su mayoría.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Tipo de vivienda	Casos	%
Casa/Villa	37558	71	71
Departamento en casa o edificio	8736	17	88
Cuarto(s) en casa de inquilinato	2468	5	93
Mediagua	3410	6	99
Rancho	40	0	99
Covacha	126	0	99
Choza	21	0	99
Otra vivienda particular	262	1	100
Hotel, pensión, residencial u hostel	27	0	100
Cuartel Militar o de Policía/Bomberos	1	0	100
Centro de acogida y protección para niños y niñas, mujeres e indigentes	1	0	100
Hospital, clínica, etc.	1	0	100
Convento o institución religiosa	4	0	100
Otra vivienda colectiva	25	0	100
Total	52680	100	100

Tabla N° 6.5. Tipo de Vivienda

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)



Foto N° 6.1. Vivienda en el área de estudio



Foto N° 6.2. Viviendas

Servicios Básicos

Agua.- La zona debido al gran crecimiento poblacional experimentado en las últimas décadas, tiene insuficiente caudal de agua potable. El sistema de abastecimiento de agua potable data de 1982, habiéndose realizado algunas ampliaciones a partir de entonces. La mayoría de conjuntos habitacionales cuentan con pozo séptico, y las construcciones ilegales evacuan a las quebradas y a las calles.

La procedencia del agua en la parroquia es por red pública, con un 87.7%, siendo el porcentaje más alto; mientras que, el porcentaje más bajo corresponde a las fuentes pozo y otros (agua lluvia), ambas alcanzan el 1,96% y 1,45%, respectivamente.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Casos	%	Acumulado %
Procedencia del agua recibida			
De red pública	40358	98	98
De pozo	135	0	99
De río, vertiente, acequia o canal	59	0	99
De carro repartidor	227	1	99
Otro (Agua lluvia/albarrada)	207	1	100
Total	40986	100	100

Tabla N° 6.6. Procedencia del agua recibida

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)

Alcantarillado.- Uno de los principales problemas relacionado a los servicios básicos es el sistema de alcantarillado, las casas que se encuentran alejadas de la zona presentan este inconveniente, arriesgando la salud de todos, una buena eliminación de excretas y desechos en forma higiénica, mejora el nivel de vida de la población ya que con esto se asegura un ambiente saludable de los miembros del hogar, evitando la proliferación de enfermedades crónicas y el crecimiento de plagas como insectos y ratas. El 87 % de la población posee una adecuada calidad de vida al poseer red pública de alcantarillado.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Casos	%	Acumulado %
Tipo de servicio higiénico			
Conectado a red pública de alcantarillado	35552	87	87
Conectado a pozo séptico	3732	9	96
Conectado a pozo ciego	1025	3	98
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	306	1	99
Letrina	37	0	99
No tiene	334	1	100
Total	40986	100	100

Tabla Nº 6.7. Tipo de Servicio Higiénico

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)



Foto Nº 6.3. Conexiones domiciliarias

En el área de estudio podemos mirar que existen en varias casas conexiones para la eliminación de aguas servidas, las mismas que son descargadas directamente al suelo y sin previo tratamiento ocasionando contaminación del mismo.

Recolección de Basura.- Representa un problema grave también la presencia constante de nuevas urbanizaciones y conjuntos habitacionales no registrados en la municipalidad por que no se prevé su atención. Agrava aún más esta situación la construcción de los nuevos conjuntos habitacionales, cuyos escombros los desalojan en las quebradas o en sitios no protegidos. Se encuentra cubierto el servicio de la zona en un 50%, los sectores privilegiados con dos frecuencias de servicio son: Carapungo, zona poblada de Calderón y Marianitas; al momento se encuentra trabajando una comisión formada por técnicos de EMASEO y AZCA sobre una reclasificación de las rutas de recolección de basura.

En la zona de estudio se puede divisar uno de los más grandes problemas ya que estas laderas han sido utilizadas como botadero de escombros y basura, siendo este un foco de contaminación muy grave para la población que habita en esta zona.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Casos	%	Acumulado %
Eliminación de la basura			
Por carro recolector	38964	95	95
La arrojan en terreno baldío o quebrada	809	2	97
La queman	849	2	99
La entierran	153	0	99
La arrojan al río, acequia o canal	54	0	100
De otra forma	157	0	100
Total	40986	100	100

Tabla Nº 6.8. Eliminación de basura

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)



Foto 6.4. Escombros



Foto N° 6.5. Basura



Foto N° 6.6. Llantas

Energía Eléctrica.- La zona está abastecida por la E.E. Quito S.A, la que dispone de energía para toda la demanda futura, tanto del servicio doméstico como del Industrial y de la Iluminación Pública. Está atravesada por la línea de alta tensión cuya franja de afectación es de 10 m al eje, a lo largo del cual se ha proyectado una vía.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Casos	%	Acumulado %
Procedencia de luz eléctrica			
Red de empresa eléctrica de servicio público	40658	99	99
Panel Solar	16	0	99
Generador de luz (Planta eléctrica)	20	0	99
Otro	74	0	99
No tiene	218	1	100
Total	40986	100	100

Tabla Nº 6.9. Energía Eléctrica

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)



Foto Nº 6.7. Abastecimiento de energía eléctrica

Telefonía y comunicación

La cobertura de hogares con servicio telefónico convencional es de 84.383 que corresponde 69%, es decir el 32% restante no cuenta con este servicio. Además se dispone de teléfono celular, el uso de este servicio cada vez es mayor con un 75%; las operadoras que tienen cobertura son las empresas: CNT, Movistar y Claro.

ÁREA # 170155	CALDERÓN (CARAPUNGO)		
	Casos	%	Acumulado %
Utilizó teléfono celular en los últimos 6 meses			
Si	94383	69	69
No	36484	27	95
Se ignora	6493	5	100
Total	137360	100	100

Tabla Nº 6.10. Telefonía

Fuente: INEC (VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010)

Empleo

La parroquia se caracteriza por ser el polo de desarrollo industrial en la entrada norte de Quito, que abarca a la grande, pequeña y mediana industria, lo que da un gran total de un 55% de la actividad económica desarrollada dentro de su territorio. En segundo término tenemos el sector comercial que aglutina tanto el comercio formal e informal en la producción de bienes y servicios generando actividad económica y produciendo empleo para sus habitantes; también tenemos en el tema de artesanías la elaboración de muñecos de mazapán por lo cual es conocida la zona desde ya hace algunos años.

Transporte y vialidad

El sistema vial interno de Calderón, tiene conexión directa con la vía Panamericana. Su estado es deficiente, no existe trazado vial definido en muchas calles de la parroquia, lo que impide implementar obras básicas en la misma. Las vías de ingreso a las comunidades se encuentran conectadas a la vía principal y su estado es regular.

Las vías secundarias que conectan a los diferentes barrios y comunas, está conformado por vías que se encuentran en mal estado, su capa de rodadura es de tierra. El mal estado de las vías no permite un normal desenvolvimiento de las actividades diarias de los habitantes de la parroquia.



Foto N° 6.8. Vías de Acceso a Laderas de San Francisco

6.1.7 Diagnóstico Físico

El diagnóstico ambiental servirá para describir y caracterizar el área en la cual se implantará el proyecto, lo cual permitirá la identificación de las zonas sensibles y la definición de Plan de Manejo Ambiental.



Foto N° 6.9. Área del proyecto

La línea base tiene carácter general y una vez establecida, es única para todas las etapas del proyecto. Sus componentes se han establecido de acuerdo con las condiciones existentes en el área de estudio, de manera que permitan alcanzar la comprensión de los ecosistemas y las posibles afectaciones o impactos que se generen.

Suelos

El cuadro siguiente nos permite visualizar la clasificación del suelo, donde la mayor parte del territorio tiene un suelo de tipo Entisol que representa el 35% de la superficie territorial, suelo Misceláneo con el 26% del territorio, y las áreas en proceso de urbanización con el 29% de la superficie parroquial, indica que los procesos urbanísticos se han concentrado de manera especialmente intensa en toda la zona hasta conformar asentamientos dispersos con un desorden de crecimiento urbanístico.

En la zona norte se identifica los eriales que debido al tipo de suelo, a la escasa lluvia, pérdida de la cobertura vegetal y a las fuertes corrientes de viento, el suelo tiene tendencia a la erosión. La tabla siguiente describe la composición y la profundidad de los tipos de suelo:

Tipo de Suelo	
Tipo	Descripción
Entisol	Son suelos jóvenes con un desarrollo limitado que exhiben propiedades de la roca madre. La productividad oscila entre los niveles muy altos para algunos suelos formados en depósitos fluviales recientes a niveles muy bajos para los que se forman en la arena voladora en las laderas.
Inceptisol	Son suelos jóvenes pocos desarrollados en los que, es comienzo o principio del desarrollo del perfil. Más habituales en los climas húmedos existen desde el Ártico hasta el trópico.
Suelo Misceláneo	Misceláneos de diferentes naturalezas. Es decir, sectores en los que no hay suelo o bien es incipiente. También puede tratarse de sectores inaccesibles con pendientes muy pronunciadas en los cuales los suelos son de escaso desarrollo.

Tabla N° 6.11. Tipos de Suelos
Fuente: GPP – DIPLA

Uso actual y formaciones vegetales

En la parroquia se genera actividades en la industria, de uso comercial y de servicios destinados a realizar varias actividades tanto de uso barrial y sectorial como el comercio básico y servicios básicos, servicios especializados, y parcialmente a las actividades agrícolas de cultivo para autoconsumo. La estructura administrativa que permite gestionar, asumir compromisos y acuerdos con los barrios y comunidades. En la industria se tiene identificado las siguientes actividades: metalmecánica, bodegas, madereras, plásticos, textileras, alimenticias, agropecuaria, estructuras, marmolería, química, industria papel, gasolineras, farmacéuticas, abonos orgánicos, artesanales, calzado, caucho, capacitación conductores, clínica y maternidad, fundidora, mecánica automotriz, reciclaje, revisión vehicular.

En el área de estudio de Laderas San Francisco se pudo divisar que las personas se dedican a la agricultura, otro de los espacios ocupados es el paso del Oleoducto de crudos pesados OCP por toda el área de influencia directa del proyecto.



Foto N° 6.10. Actividades de agricultura



Foto N° 6.91. Oleoducto de crudos pesados

Tipo de viento

La zona presenta vientos con penachos de capa superior regular y una capa inferior irregular a partir de la generación por la circulación de vehículos, esto hace que el material particulado se genere en forma ascendente y descienda en un corto lapso de tiempo.

Concentración de contaminantes

Debido al tipo de viento de la zona, se considera que la concentración de particulado tiene un alcance **CORTO** y una concentración **LOCAL**. En cuanto a la dirección del viento, del cuadro mencionado se puede observar que hay un predominio por el N, es decir aproximadamente la misma dirección de la quebrada en el sector, lo que ayuda a que el polvo que se produce por la circulación de vehículos no se propague a los alrededores.

Dirección del viento

DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO	
VELOCIDAD MENSUAL (M/S)	DIRECCIÓN
6.0	NE
8.0	NE
6.0	NE
6.0	NE
8.0	NE
10.0	NE
6.0	NO
10.0	NE
6.0	NO
6.0	NE
6.0	NE

Tabla N° 6.12. Velocidad del viento

Fuente INAMHI

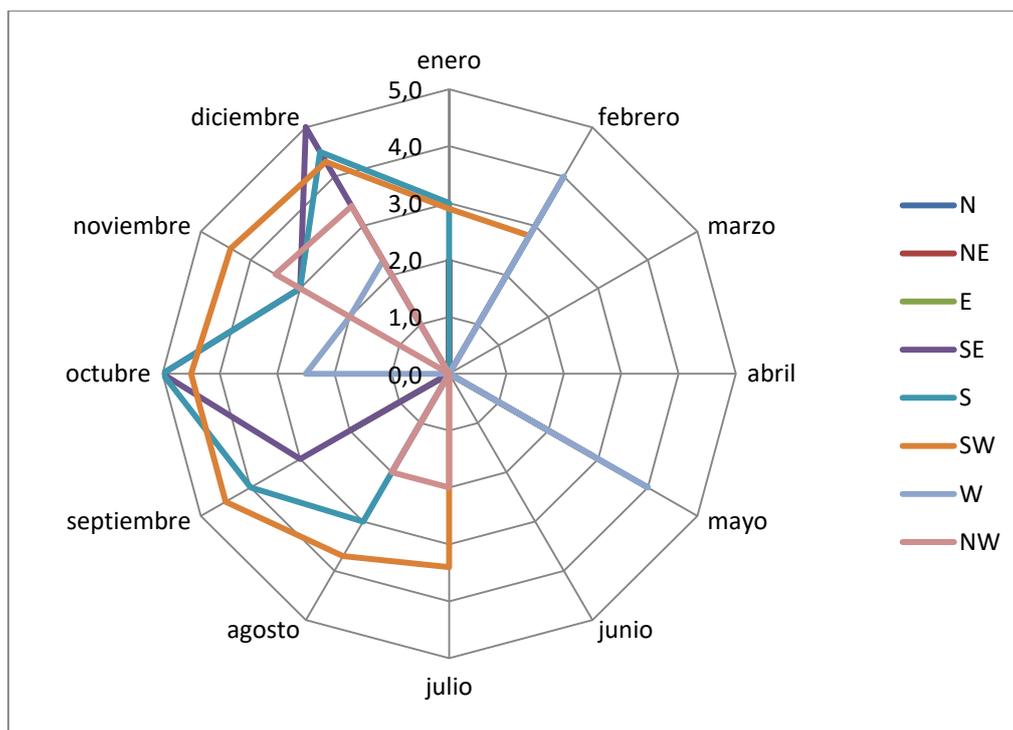


Gráfico N° 6.1. Dirección del Viento

Ruido

El ruido está considerado como la molestia más extendida y la causa más frecuente de quejas y protesta, de manera que el ruido se lo puede considerar como un factor de la contaminación ambiental, que disminuye la calidad de vida y que está fuertemente ligado al desarrollo industrial y económico.

El ruido varía con la frecuencia y el oído es selectivo a la hora de juzgar dos tipos de ruidos con distinta frecuencia, incluso teniendo los dos el mismo nivel de presión sonora.

En la zona de estudio el ruido es producido por los autos que circulan y algunas volquetas que circulan hacia el área minera ubicada en el sector Terrazas de Bellavista, el ruido se produce por los motores de las maquinarias (cargadora, volquetas, trituradora etc.), aunque éste afecte poco, debido a que el hábitat ya se encuentra alterado producto de la actividad minera.

La legislación ecuatoriana, mediante el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA o TULAS), Libro VI, Anexo 5, prevé que los límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas según el uso del suelo son los siguientes (Tabla N° 6.13: Niveles Máximos de Ruido Permisibles Según Uso del Suelo):

Tipo de zona según uso de suelo	Nivel de presión sonora equivalente NPS eq [dB(A)]			
	06:00 a 20:00	20:00 a 06:00	07:00 a 22:00	22:00 a 07:00
Zona Hospitalaria y Educativa	45	35	55	45
Zona Residencial	50	40	55	45
Zona Residencial Mixta	55	45	55	45
Zona Comercial	60	50	70	70
Zona Comercial Mixta	65	55	70	70
Zona Industrial	70	65	70	70

Tabla Nº 6.12. Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo

Fuente: TULAS, Libro VI, Anexo 5, Tabla 1

“En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de una fuente fija, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no deberán superar al nivel ruido de fondo en diez decibeles A [10 dB(A)]”.TULAS.

Paisaje

La calidad del paisaje, se entiende como el grado de excelencia de las características visuales, olfativas, auditivas del área de influencia directa e indirecta del área de influencia del proyecto y su apreciación se realiza de forma subjetiva o plurisensorial. Los elementos deben ser evaluados para predecir un impacto de manera que posteriormente se pase un pronóstico ambiental para que el elemento introducido se mantenga bajo parámetros ambientales sostenibles. Para el estudio y pronóstico ambiental paisajístico se ha tomado el siguiente tipo de evaluación.

Factores	Peso	Categoría	Puntos	Valor
Pendiente	5	0 a 15%	5	25
		15 a 30%	4	20
		30 a 45%	3	15
		45 a 60%	2	10
		60 a más	1	5
Erosión	3	Sin erosión	5	15
		Baja	4	12
		Media	3	9
		Alta	1	3
Suelo	5	Muy fértil	5	25
		Fértil	4	20
		Moderadamente fértil	3	15
		Poco fértil	1	5
Disponibilidad de agua	3	Ausencia de agua potable	5	15
		Pozo privado	4	12
		Pozo comunal	2	6
		Agua potable cañería	1	3
Topografía	5	Altamente ondulado	5	25
		Moderadamente ondulado	4	20
		Ligeramente ondulado	3	15
		Muy poco ondulado	2	10
		Llano	1	5

Factores	Peso	Categoría	Puntos	Valor
Cubierta vegetal	2	Lleno de vegetación natural	5	10
		¾ Cubierta	4	8
		½ Cubierta	3	6
		¼ Cubierta	2	4
		Sin vegetación natural	1	2
Tipo de terreno	2	Acantilado	5	10
		Pantanosos, alomados	4	8
		Terraza	2	4
		Urbano residencial	1	2
		Sin característica especial	0	0
Hechos visuales y culturales	2	Playa o acantilado	5	10
		Presencia de algún hecho	3	6
		Sin calidad visual	1	2
Transporte	3	Carretera lejana	5	15
		Carretera cercana	3	9
		Carretera en la unidad	1	3
Accesibilidad	1	Más de 15 km de un poblado	5	5
		De 10 a 15 km de un poblado	4	4
		De 5 a 10 km de un poblado	3	3
		De 1 a 5 km de un poblado	2	2
		En el poblado	1	1

Tabla Nº 6.13. Valoración del paisaje

Fuente: Valores de calidad escénica para el inventario según BLM (1980) en Milán (2004).

Cantidad	Descripción
Mayor a 138	Muy alto
114 – 138	Alto
91 – 114	Medio
67 – 91	Bajo
Menor a 67	Muy bajo

Tabla Nº 6.14. Calidad del paisaje

6.1.8 Diagnóstico Biótico

Zonas de vida y formaciones vegetales

De acuerdo al sistema de zonas de vida de Holdridge, que se fundamenta en datos climáticos (biotemperatura y precipitación promedio anual) (Cañadas, 1983), el área se halla representada por bosque seco (**b.s.**). Según el sistema de clasificación de la vegetación para el Ecuador continental, basado en criterios fisionómicos, ambientales y bióticos (Sierra et al., 1999), el área en cierra al Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro.

Un tipo de categorización que mejor refleja la realidad es el sistema de clasificación y mapeo de vegetación del Ecuador hechos por Sierra y colaboradores (1999) para fines de planes de conservación, análisis de remanentes boscosos.

La formación vegetal presente en el área es Matorral Seco montano del sector norte y centro de los Andes, según Sierra et. al., (1999).

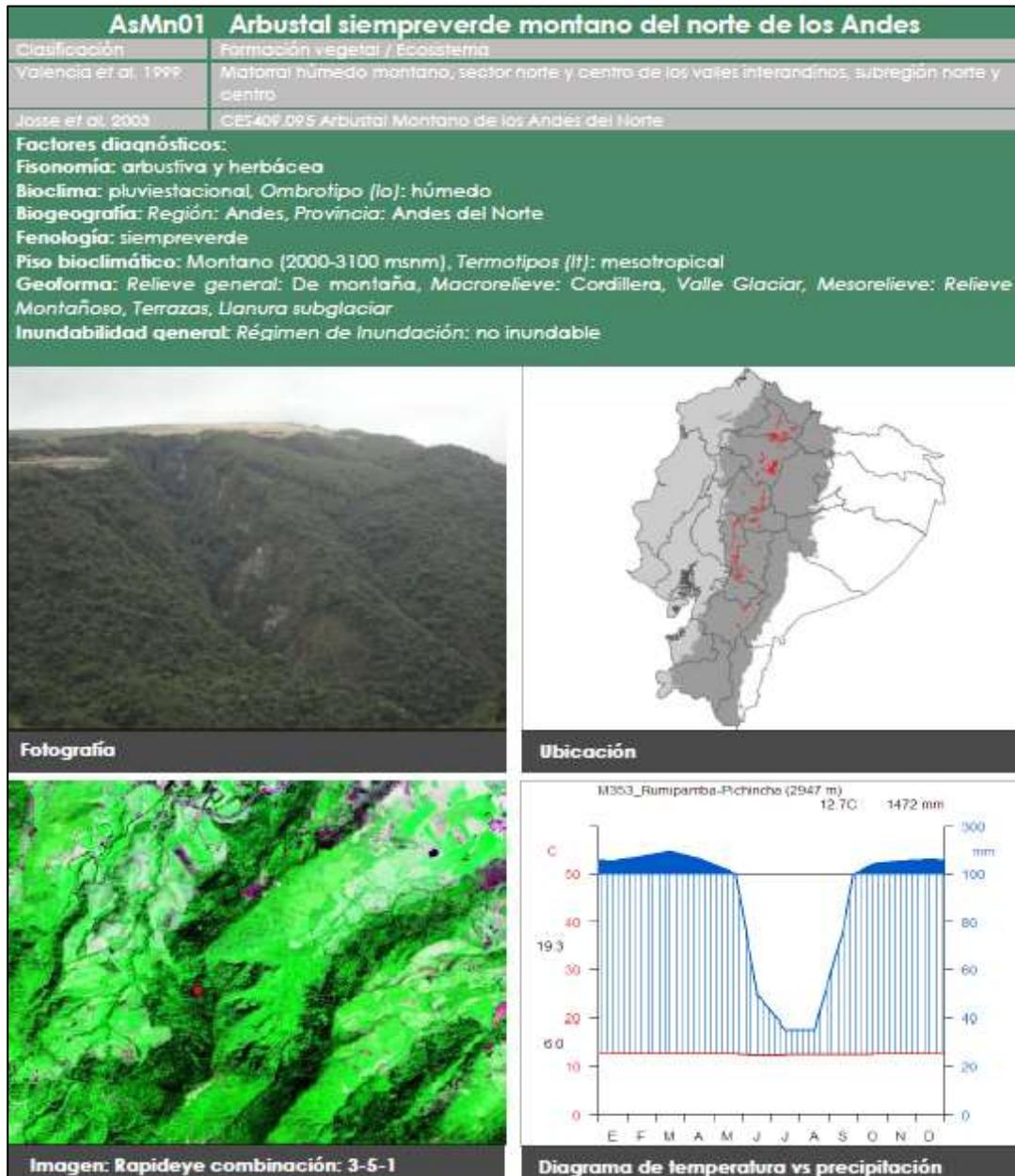


Gráfico N° 6.3. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2013)

Según los Shapes de Ecosistemas del Ecuador el área de estudio se encuentra dentro de un ecosistema Intervenido y Arbustal semidecíduo del norte de los valles.



Gráfico N° 6.4. Ecosistema Intervenido y Arbustal semidecíduo

Componente Florístico

Inventarios Cualitativos.- Para el presente inventario de campo, se aplicó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (Sayre *et. al.*, 2002). Se caracterizó el tipo de vegetación del área de estudio, realizando recorridos rápidos y observaciones directas, durante el muestreo, para una caracterización cualitativa del área de influencia del proyecto; y así identificar la mayor vegetación posible (grupos florísticos comunes y dominantes) a la redonda del área del proyecto. El trabajo de campo se lo realizó en un día.

Los nombres científicos y comunes que se registraron durante la fase de campo, fueron comparados con el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jørgensen & León, 1999), Manual de Botánica del Ecuador (Cerón, 2003), colecciones del Herbario Nacional del Ecuador y el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador (Valencia *et. al.*, 2000); guía práctica de los géneros y especies comunes (Cerón & Foster Robin, 1999-2013).

Resultados del recurso flora

En el área de estudio se pudo observar a simple vista que la zona aledaña es rural (sectores invadidos por las personas); las especies florísticas registradas en el proyecto son típicas de una vegetación xerofítica, arbustiva, con dominancia de eucaliptos, la vegetación que forma parte de la ornamentación de las viviendas es de *Callistemon subulatus* "Cepillo", cultivos de "maíz" *Zae mays*, "Haba" *Vicia faba*, *Solanum tuberosum* "Papa", "Fréjol" *Phaseolus coccineus*.



Gráfico N° 6.5. Área de estudio



Foto N° 6.10. Cultivos de Zae mays "maíz"



Foto N° 6.11. Cultivos de Solanum tuberosum "Papa"

Caracterización cualitativa.- A continuación se presenta el Inventario cualitativo de las especies florísticas identificadas durante el trabajo de campo:

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito	Usos
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Ojos de azucena	Tr	Ornamental
Amaranthaceae	<i>Amaranthus sp</i>	Bledo	He	Forraje
	<i>Iresine celosioides</i> L	Escancel	He	Ornamento
Amaryllidaceae	<i>Bomerea sp</i>	-----	Tr	Alimento
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav) Pers	Chilca	Ar	Medicinal
	<i>Bidens andicola</i> Kunth	Ñachag	He	Medicinal
	<i>Bidens leucantha</i> Willd	Pacunga	He	Medicinal
	<i>Onopordum acanthium</i>	Flor de Escosia "El Cardo"	He	Ornamental
	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Taraxaco	He	Medicinal
	<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav	Sacha Olivo	Ab	Leña
Bromeliaceae	<i>Guzmania sp</i>	Huicundo	Ep	Ornamento
Gignonaceae	<i>Tecoma stans</i> (L) Juss. Ex Kunth	Cholan	Ab	Ornamento
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L) Mill	Tuna	Ar	Alimento
Caesalpinaceae	<i>Senna sp.</i>	Chinchín	Ab	Ornamento
Coriaceae	<i>Coriaria thymifolia</i> Humb & Bonpl.ex	Shanshi	Ar	Alimento
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i> Jacq.	Florón	Ar	Alucinógeno
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	Sambo	Tr	Alimento
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L	Higuerilla	Ar	Medicina
	Croton sp	Mosquera	Ar	Medicinal
Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i> (L.F.) Schinz & Thell	Izo	Ar	Medicina
	<i>Lupinus polyphyllus</i>	Aspachocho	He	Ornamento
	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	Poroton	Ab	Alimento
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Amor seco	He	Medicinal
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill	Aguacate	Ab	Alimento
Juglandaceae	<i>Junglans sp</i>	Tocte	Ab	Alimento

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito	Usos
Malvaceae	<i>Hibiscus rosasinensis</i> (L)	Cucarda	Ar	Ornamento
Mimosaceae	<i>Acacia sp</i>	Espino	Ab	Ornamento
	<i>Inga sp</i>	Guaba	Ab	Alimento
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Higo	Ab	Alimento
Myrtaceae	<i>Eucaliptus globulus</i> Labill	Eucalipto	Ab	Medicinal
	<i>Callistemon subulatus</i> Cheel	Cepillo	Ab	Ornamento
Passifloraceae	<i>Passiflora cumbalensis</i> (H. Karst) Harms	Taxo	Li	Alimento
Polygalaceae	<i>Monnina pilosa</i> Kunth	Iguilán	Ar	Medicinal
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> (Linn)	Llantén	He	Medicinal
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> Benth	Arete	Ar	Ornamento
Rosaceae	<i>Rubus sp</i>	Mora	Ar	Alimento
	<i>Prunus serótina</i> (Cav.) Mac Vaugh	Capulí	Ab	Alimento
Rutaceae	<i>Citrus sp</i>	Limón	Ab	Alimento
Solanaceae	<i>Brugmansia arbórea</i> L. Lagerth	Floripondio	Ar	Mítico
	<i>Datura stramonium</i> L.	Chamico	He	Alucinógeno
	<i>Nicotiana glauca</i> Garham	Eucaliptillo	Ar	Leña
	<i>Solanum sp</i>	Naranjilla	Ar	Alimento
	<i>Nicotina tabacum</i> L.	Tabaco	He	Comercial
Verbenaceae	<i>Lantana rugulosa</i> Kunth	Supirosa	Ar	Ornamento

Ar: Arbustiva; Ab: Arbórea; He: Herbácea; Tr: Trepadora; Ve: Vena; Ep: Epífita

Tabla Nº 6.16. Flora presente

Fuente: Trabajo de Campo, Cerón (2003); Jorgensen, y León-Yáñez (eds.). 1999. **Elaboración:** Equipo Técnico



Foto Nº 6.12. *Callistemon subulatus* Cheel "Cepillo"



Foto Nº 6.13. *Persea americana* Mill "Aguacate"



Foto 6.14. *Guzmania* sp "Huicundo"



Foto N° 6.17. *Thunbergia alata* Bojer ex Sims "Ojo de azucena"



Foto N° 6.18. *Inga* sp "Guaba"



Foto N° 6.19. *Nicotiana glauca* Garham "Eucaliptillo"

Se registraron un total de 44 especies vegetales, pertenecientes a 28 familias. La flora inventariada en este estudio, representa el 0.27% en relación al total de plantas vasculares registradas en el Ecuador (16.087 especies, Jørgensen & León-Yáñez, 1999). La flora inventariada en el área de muestreo, representa el 34% las especies de los hábitos arbustivos, seguido con el 30% de las especies de hábitos arbóreos. Como demuestra en el siguiente gráfico.

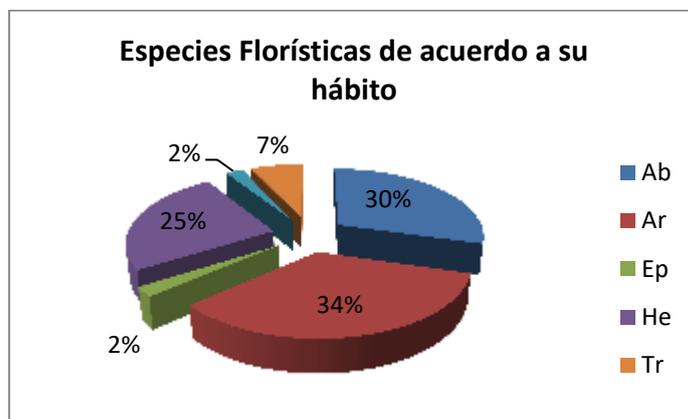


Gráfico Nº 6.6. Porcentaje de especies florísticas registradas de acuerdo su hábito

Estado de Conservación.- De todas las especies registradas en la zona de estudio; no se encuentran dentro de alguna categoría de peligro según la de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), No se registra las especies florísticas dentro de algún apéndice CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador (Valencia *et al.*, 2000).

Uso del Recurso.- De acuerdo a los criterios de Cerón (2003), el porcentaje de las especies identificadas en el área de estudio, es utilizado en el campo alimenticio con el 32%, mientras con el 27% es para el campo ornamental y 25% para el campo medicinal. Como lo representa en el siguiente gráfico.

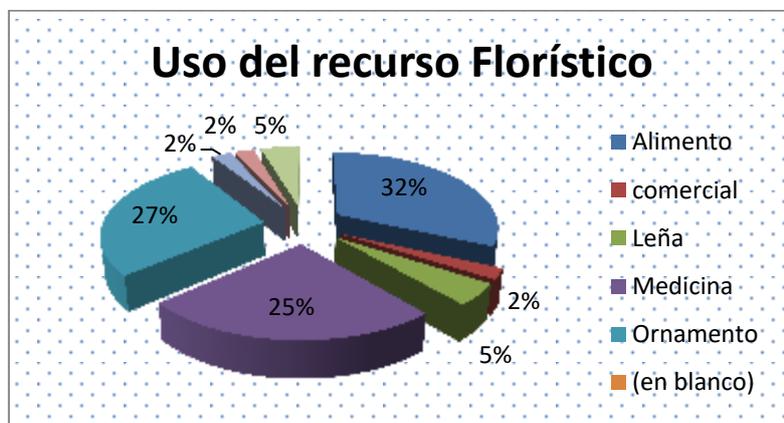


Gráfico Nº 6.7. Porcentaje de uso del recurso florístico

Conclusiones del recurso flora

- De acuerdo a Cañadas (1983), el área, se halla representada por Bosque Seco (**b.s.**) siendo su formación vegetal Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro según Sierra et. al., (1999).
- Se registraron un total de 44 especies vegetales, pertenecientes a 28 familias. La flora inventariada en este estudio, representa el 0.27% en relación al total de plantas vasculares registradas en el Ecuador (16.087 especies, Jørgensen & León-Yáñez, 1999).
- El área se encuentra en una zona intervenida motivo por el cual el registro del componente florística fue escasa, la flora que se registró son especies típicas de una vegetación xerofítica.

6.1.9 Componente Faunístico

Se realizaron Evaluaciones Ecológicas Rápidas (Sayre et. al., 2002), en horario diurno y durante el muestreo se realizó observaciones directas de las especies muestreos cualitativos mediante caminatas de reconocimiento en los alrededores del área, tomando en cuenta los límites requeridos para el estudio.

La información faunística que se incluye en el presente estudio, registra indagación primaria, durante el trabajo de campo; así como información de tipo secundario en base a registros bibliográficos.

Se cumplió con el siguiente protocolo para cada grupo faunístico:

- Avifauna.- Se realizaron identificaciones visuales directas alrededor del área de estudio, con la ayuda de binoculares. El registro de especies durante el estudio fue apoyado y comparado con la guía de campo de Ridgely & Greenfield (2006), para la ubicación de especies en peligro de extinción o endémicas, se tomó en cuenta el criterio de la publicación del Libro Rojo de las Aves del Ecuador (Granizo, et. al., 2002), una lista anotada de las Aves del Ecuador continental (Ridgely et. al., 2006) y los criterios de la UICN (2016).
- Herpetofauna.- Se realizaron observaciones directas, a la redonda, para el registro de especies de hábitos terrestres.
- Mastofauna.- Se efectuaron observaciones directas, que son una técnica clásica para el registro de mamíferos grandes y medianos (Tirira, 2007; Tirira, 1999); de la misma manera a 200m a la redonda. En el área de muestreo, para la obtención de registros visuales, auditivos, excrementos.

Resultados del diagnóstico faunístico

El área como se menciona anteriormente se encuentra rodeada por una zona urbana para éste componente se identificó únicamente las siguientes especies de aves que se las registro perchadas en los cables de luz, siendo especies comunes y de amplia distribución.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Gremio Trófico
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión	Insectívoro
Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Huiracchuro	Granívoro
Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	Granívora
	<i>Columbia livia</i>	Paloma	Granívora
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo	Omnívoro
Fringillidae	<i>Carduelis magellania</i>	Jilguero cabeza negra	Insectívoro y semillero
Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Pájaro brujo	Insectívoro
Trochilidae	<i>Colibri corruscans</i>	Orejivioleta ventriazul	nectívoro
	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo colinegro	nectívoro

Tabla N° 6.17. Especies de Aves Inventariadas
Fuente: Trabajo de Campo. **Elaboración:** Equipo Técnico



Foto N° 6.20. *Pheucticus chrysogaster* "Huiracchuro"



Foto N° 6.21 *Carduelis magellania* "Jilguero de Cabeza negra"



Foto N° 6.22 *Zenaida auriculata* "Tórtola"



Foto N° 6.23 *Pyrocephalus rubinus* "Pájaro brujo"



Foto N° 6.24 Fauna doméstica áreas destinadas para forraje

Se registraron un total de 9 especies de aves, pertenecientes a 7 familias. Los registros representan el 0,56% del total de aves registradas para el Ecuador Continental (1600 especies – Ridgely, *et. al.*, 2006).

Conclusiones del recurso fauna

- Para cada componente faunístico que se observó durante este estudio, se registró especies de amplia distribución y adaptadas zonas intervenidas.
- Se obtuvo registros de fauna, solo del componente de Ornitofauna donde se les puede observar a simple vista cerca al área de estudio, perchados en los cables de electricidad y en los árboles cercanos al proyecto como es el caso de la especie *Callistemon subulatus* Cheel "Cepillo".
- Con respecto a los demás componentes faunísticos no se obtuvo registro directo. Es una zona donde se dedican a la agricultura; a su vez se hace presente la fauna doméstica como es el ganado vacuno el cual determinan zonas verdes para el respectivo forraje de éstos animales.
