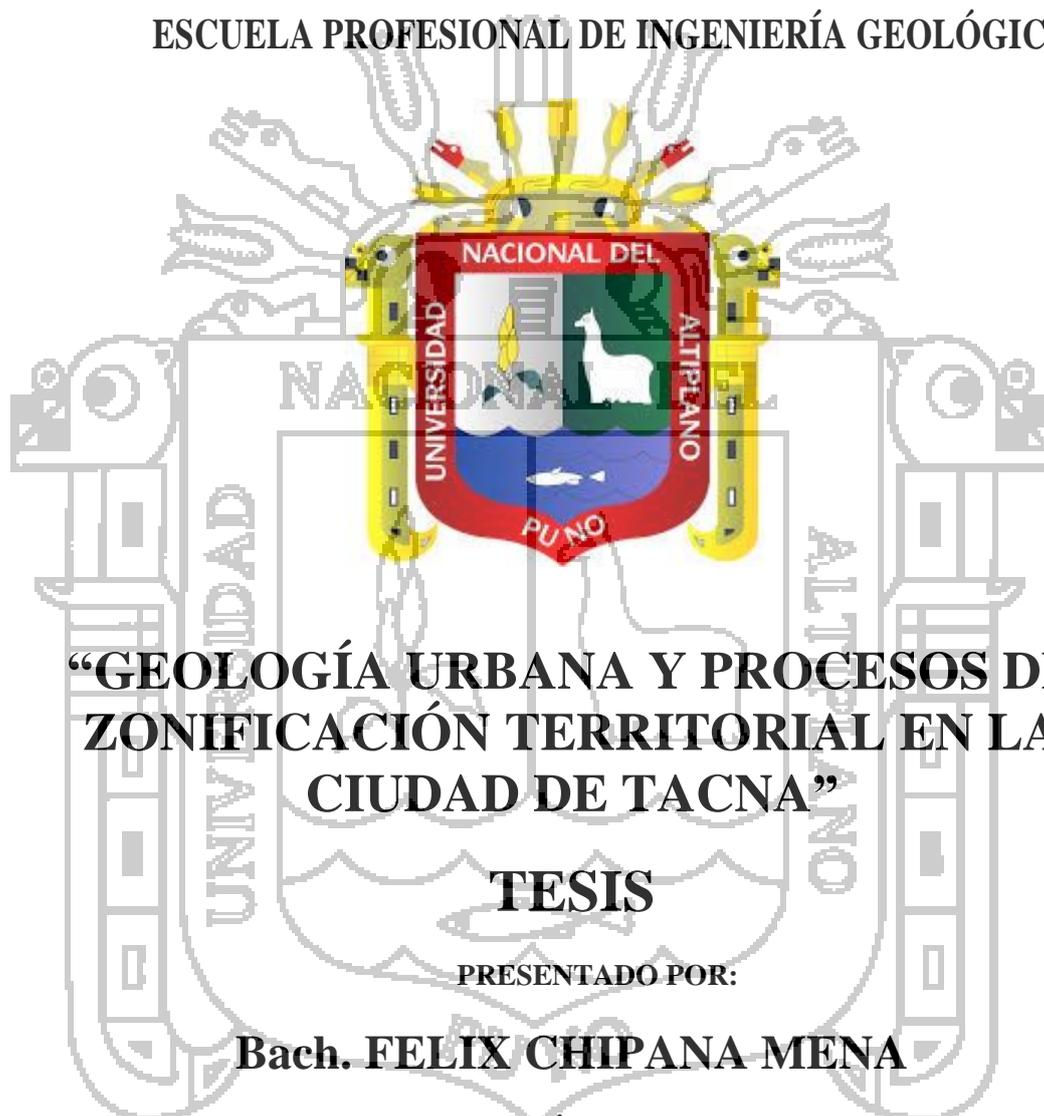


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



“GEOLOGÍA URBANA Y PROCESOS DE ZONIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE TACNA”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. FELIX CHIPANA MENA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

Puno Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS

**“GEOLOGÍA URBANA Y PROCESOS DE ZONIFICACIÓN
TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE TACNA”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

FELIX CHIPANA MENA

A la coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, como requisito para optar el Título Profesional de: **INGENIERO GEÓLOGO**

APROBADA POR EL JURADO CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


M.Sc. MIGUEL E. CALCINA BENIQUE

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. E. SAMUEL MACHACCA HANCCO

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. ROGER GONZALES ALIAGA

ASESOR DE TESIS:


M.Sc. ANDRES OLIVERA CHURA

DIRECTOR DE TESIS:


M.Sc. FLAVIO ROSADO LINARES

ÁREA: Planificación y estrategias del desarrollo regional

TEMA: Estudio geotécnicos y geodinámicos

Dedicatoria:

*A MI
ESPOSA.
A MIS
HIJOS.*

A la memoria de mi padre
Ambrosio, que
me enseñó a seguir mis
propios ideales.
A mi madre María, quien me
enseñó a
ser valiente ante las
adversidades.



Agradecimientos

A Dios:

Por darme la fuerza para seguir adelante día a día.

A mis Padres:

Por haberme brindado su apoyo en todo momento.

A mi esposa:

Por impulsarme a conseguir mis metas.

A mis Hijos:

Por ser fuente de inspiración y alentarme a seguir adelante en todo momento.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno: docentes, administrativos y a los compañeros; Por la transmisión de sus valiosos conocimientos, amistad y compañerismo en las aulas y fuera de ella.

INDICE

CAPITULO I	1
Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Hipótesis	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Metodología y Procedimientos del desarrollo del estudio.....	4
1.5.1 Recopilación de información existente, Organización y generación de mapa base.....	4
1.5.2 Descripción y Diagnóstico de campo.....	5
1.5.3 Elaboración de resultados	6
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Revisión Bibliográfica.....	8
2.1.1 Marco Conceptual de Geología Urbana y Proceso de Zonificación territorial.....	8
2.1.1.1 Zonificación de la Aptitud Geológica para el Uso y Ocupación del Suelo..	9
2.1.1.2 La Zonificación Ecológica -Económica (ZEE)	11
2.1.1.3 El Ordenamiento Territorial OT.....	11
2.1.1.4 Crecimiento Urbano y Análisis de Riesgo.....	12
2.1.2 Marco Legal y normativo.....	15
2.2 TERMINOLOGÍA UTILIZADA.....	25
CAPITULO III	31
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
3.1.- Aspectos generales de localización	31
3.1.1 Ubicación y Accesibilidad.....	31
3.1.2 Límites y División.....	33
3.1.3 Demografía.....	35
3.1.4 Educación	38

3.1.5	Actividad Económica.....	38
3.1.6	Viviendas	38
3.1.7	Zonificación	39
3.1.8	Fisiografía	40
3.1.9	Aspectos Climáticos.....	43
3.1.10.	Ecología	47
3.1.11.	Factor Hidrológico	48
3.1.12.	Hidrología	50
3.2	CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL	52
3.2.1	Litología y Estratigrafía.....	52
3.2.2	Geomorfología regional.....	60
3.2.3	Geología Estructural	64
3.2.4	Hidrogeología.....	70
3.3.	CONTEXTO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	72
3.3.1	Litología y Estratigrafía.....	72
3.3.2	Geomorfología	80
3.3.2.1	Unidad de Colinas y Lomos Altos (superficie Huaylillas) (Hy).....	81
3.3.2.2	Unidad de Laderas (La)	81
3.3.2.3	Unidad de Lomos Bajos.....	82
3.3.2.4	Unidad de Valle	83
3.4	FACTORES CONDICIONANTES PARA LA OCURRENCIA DE FENÓMENOS DE GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA	87
3.4.1	TECTÓNICA.....	87
3.4.2.	GEOLOGÍA - GEOTÉCNIA.....	90
3.4.2.1	Falla por corte y asentamiento del suelo:	91
3.4.3	FACTORES ANTROPICOS - DESARROLLO URBANO.....	93
3.5.	PROCESOS DE GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA.....	95
3.6.	HIDROGEOLOGÍA.....	102
CAPITULO IV.....		104
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		104
4.1.	Vulnerabilidad de la Ciudad de Tacna	104
4.1.1	Vulnerabilidad ante Peligros Geológicos.....	104

4.1.2 Vulnerabilidad ante amenaza que representa la alteración climático-atmosférico.....	107
4.2 Zonificación de aptitud de uso y ocupación del suelo	109
4.2.1. ZONAS “B” Áreas con restricciones geológicas leves (estables dependientes, utilizables).....	110
4.2.2. ZONAS “C” Áreas con restricciones geológicas moderadas (estabilidad condicionada o potencialmente inestables).	111
4.2.3. ZONAS “D”. Áreas con restricciones geológicas severas (inestables no urbanizable).....	113
4.2.4. ZONAS “E”. Zonas estables e inestables de manejo especial (Áreas no utilizables para la ubicación de edificaciones).....	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119
WEBGRAFÍA.....	122
ANEXO.....	123



Lista de Imágenes

Figura N° 1: Ubicación de la ciudad de Tacna en la Región Sur del Perú.....	33
Figura N° 2: División política urbano.....	34
Figura N° 3: Área de Estudio.....	42
Figura N° 4: Contacto entre formación Moquegua y Huaylillas	56
Figura N° 5: Sistema de Fallas Incapuquio y Lineamientos.....	67
Figura N° 6: Dorsal de Nazca	70
Figura N° 7: Deposito de ceniza volcánica no erosionada por rio caplina posible área de expansión urbana	83
Figura N° 8: Vista panorámica de Valle Caplina y la Ciudad de Tacna	84
Figura N° 9: Pequeños valles formados por quebradas Arunta y Viñani	85
Figura N° 10: Quebrada del Diablo	86
Figura N° 11: Cono aluvial formado en la desembocadura de quebrada del Diablo.....	86
Imagen N° 12: La necesidad de vivienda versus la necesidad de materiales de construcción, claro contraste que deja el desarrollo urbano al Sur del Distrito de Gregorio Albarracín.....	94
Figura N° 13: Área Vulnerable al Desborde de Río en Quebrada Arunta.....	108
Figura N° 14: Área de Depósito Volcánico Calificado como Zona C.....	112
Figura N° 15: Área de Confluencia de Tres Quebradas Calificado como Zona D.....	113

Lista de Fotos

Foto N° 1: Vista panorámica de la ciudad de Tacna de norte a sur desde cerro Intiorko	36
Foto N° 2: Canal Caplina y su tipo de agua	48
Foto N° 3: Infraestructura y agua de sistema Uchusuma	50
Foto N° 4: Volcán Ubinas en plena manifestación fecha 10/09/2013: Vista panorámica desde centro poblado de Ubinas.	69
Foto N° 5: En la quebrada Arunta se aprecia erosionado por el río. La formación Moquegua superior	73
Foto N° 6.....	75
Foto N° 7: Contacto entre Cuaternario Q_Uc y Formación Huaylillas T_Hy, Ubicación: E 366597, N 8010053.....	75
Foto N° 8: Corte Terraplén hechas en Depósitos Volcánicos para construcción de viviendas.....	77
Foto N° 9: Deposito de Limos y Arcillas en cause Caplina	78
Foto N° 10: Ingreso a Tacna Viviendas precarias en ladera.....	82
Foto N° 11: Avance de Asentamientos Humanos en la quebrada caramolle.....	85
Foto N° 12: Generación de cortes y taludes para uso de vivienda y vías en cerro Intiorko	94
Foto N° 13: Fuerza destructora de avenidas excepcionales de río Caplina.....	101
Foto N° 14: Obras de protección destruidas por la fuerza de avenidas excepcionales	102
Foto N° 15: Debilitamiento de cimientos de material de río (bolones y barro)	105
Foto N° 16: Ocupación de causes de quebradas el Diablo en cerro Intiorko.....	109

Lista de Cuadros

CUADRO N° 1: FENOMENOS NATURALES POTENCIALMENTE PELIGROSOS.....	14
Cuadro N° 2: Distancia de la ciudad capital Tacna.....	32
Cuadro N° 3: Población censada de la Provincia de Tacna años 1972 – 2007.....	35
Cuadro N° 4: Población de la Provincia, la Región y el País	35
Cuadro N° 5: Población censada urbana y rural Provincial: 1993-2007	36
Cuadro N° 6: Ciudad de Tacna: HIPÓTESIS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL - AÑOS: 1972 – 1981 – 1993 – 2000 al 2015	37
Cuadro N° 7: VIVIENDA POR DISTRITO	39
Cuadro N° 8: Máximas descargas (programa FLFREC)	49
CUADRO N° 9: Columna Estratigáfica generalizada del sur	58
Cuadro N° 10: Los valores de Microtrémores	93
Cuadro N° 11: daños a las personas y viviendas causados por el sismo.....	99
Cuadro N° 12: Tipo de Edificación y Nivel de Vulnerabilidad Sísmica	105
Cuadro N° 13: Cuadro Comparativo de Zonificación de Áreas de Estudio por Distrito	115
Cuadro N° 14: Cuadro Comparativo de Zonificación de Áreas Urbana Consolidada por Distrito.....	115



Lista de Mapas

Mapa N° 1: MAPA DE ISOYETAS - CUENCA CAPLINA.....	46
Mapa N° 2: Ubicación en contexto geológico regional.....	59
Mapa N° 3: Ubicación Geomorfológica de la ciudad de Tacna	64
Mapa N° 4: Cuencas Hidrográficas y su ubicación de la ciudad de Tacna	71



Resumen

En la ciudad de Tacna el crecimiento demográfico y concentrada de alrededor de 91% del departamento ha generado el acelerado crecimiento urbanístico desordenado y ocupación de zonas de susceptibles a fenómenos naturales; situación que se torna en un problema de seguridad física de los habitantes por la ubicación de la ciudad en una zona de procesos geológicos de ocurrencia cíclica, por lo que es necesario una valoración de la Geología del medio urbano de la ciudad como herramienta de base para el proceso de Zonificación Territorial; valoración que significa determinar zonas apropiadas geológicamente para la expansión urbana, haciendo uso de una metodología existente. La ciudad de Tacna, se encuentra en medio del Valle Caplina a los 18°00'51" Latitud Sur y 70°15'05" Longitud Oeste, a una altitud de 558 msnm, sobre suelo de formación geológica aluvial, deluvial, fluvial del sistema cuaternario y afloramientos del sistema Neógeno (Formación Huaylillas) en las laderas de los cerros circundantes; por la geomorfología de valle y terrazas y al estar en las pampas costaneras estas se tornan de lecho plano y de llanura de inundación con un ancho de 4.5 km por el sector de la ciudad de Tacna limitado por los cerros Arunta y Intiorko con pendiente mayor de 30%; respecto a los procesos geodinámicos, al estar ubicado en la zona declarada de silencio sísmico, se espera ocurrencia de sismos mayores del último ocurrido en el año 2001, por otro lado los cambios climáticos influyen en la variabilidad de las descargas del río Caplina que es generalmente muy baja en todo el año sin embargo en los meses de Enero a Marzo surge lluvias excepcionales en la cabecera de cuenca que elevan la descarga a cifras inusuales que traen como consecuencia desastres en el valle sobre todo en la parte urbana de Tacna. En consecuencia el estudio de la Geología en un proceso de Zonificación Territorial Urbana es de vital importancia a efecto de identificación y prevención de desastres naturales.

CAPITULO I

Introducción

Esta investigación surge a raíz de la necesidad de un instrumento técnico de base para orientar la zonificación de áreas aptas geológicamente para la expansión urbana. Debido a esta falta de instrumento técnico de planificación espacial el crecimiento urbano se ha visto desordenado sobre áreas susceptibles a fenómenos naturales. Es por ello, que se ha abordado la evaluación de peligrosidad geológica.

El propósito de la presente investigación corresponde al estudio geológico orientada a aportar una caracterización geológica del territorio a una escala aceptable para la ciudad de Tacna, fundamentalmente para los sectores de futura expansión urbana.

Esta caracterización y zonificación, sin duda será de utilidad para elaborar la normativa para administrar y orientar estrategias que determinen el uso adecuado del suelo, pautas generales para el desarrollo urbano, la aptitud para uso y ocupación del suelo, y las restricciones debido a la localización de áreas protegidas, áreas con amenazas naturales como por ejemplo: inundación por efecto de cambios climáticos, respuesta del suelos a un sismo. Para este trabajo se ha utilizado la información que se encuentra disponible, que incluye informes y mapas orientados a Zonificación

Territorial, imágenes satelitales y los datos obtenidos a partir de observaciones de campo realizadas específicamente para este propósito.

1.1 Planteamiento del Problema

El territorio de la ciudad de Tacna es testigo de un excepcional crecimiento demográfico que ha ocasionado la acelerada expansión urbana informal; en la actualidad soporta a 91% de la población total de la región, lo preocupante es que este fenómeno social no esperado ha develado la poca efectividad de la gestión territorial. Los espacios naturales han sido modificados, alterados, deteriorados, laderas invadidas, causes antiguos ocupados, pérdida de áreas agrícolas, donde la población solo ha priorizado sus necesidades básicas primarias (vivienda, comercio, servicios y vial), mas no se ha tomado en cuenta el impacto que podría ocasionar con el tiempo toda vez que las características geológicas del territorio donde está asentada la ciudad de Tacna está considerada de alto riesgo.

Este diagnóstico de la problemática de la ciudad de Tacna nos anima a formular las siguientes interrogantes:

¿Qué aspectos geológicos se debe considerar en un proceso de zonificación territorial en la ciudad de Tacna?

¿Qué estudios geológicos nos ayudaran a determinar zonas más susceptibles a procesos geodinámicas en la ciudad de Tacna?

¿Qué instrumento técnico de base requiere la ciudad de Tacna para desarrollar Procesos de Zonificación Territorial?

1.2 Hipótesis

El conocimiento de los aspectos geológicos ayudara en la calidad de zonificación territorial de la ciudad de Tacna.

El estudio de geología urbana permitirá identificar zonas con aptitud para el uso y ocupación del suelo.

El Mapa Base como instrumento técnico servirá como base para desarrollar procesos de Ordenamiento Territorial

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

La caracterización del medio físico - natural de área de expansión urbana y su entorno para tener una base en la definición de un modelo de ocupación acorde a la condición geológica, geomorfológica y geodinámica.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar zonas apropiadas geológicamente para el uso y ocupación del suelo en el polígono de expansión urbana.
- Elaborar cartografía temática de base útil para la planificación urbana y el ordenamiento territorial.

1.4 Justificación

Ante la ausencia de Zonificación territorial basado en la Geología Urbana, la gestión Territorial en la ciudad de Tacna resulta deficiente. En este sentido esta investigación del medio físico-natural, está orientada hacia la caracterización geológica, geomorfológica y geodinámica del área consolidada y áreas de expansión de la ciudad

de Tacna y así identificar zonas aptas geológicamente para el uso y ocupación del territorio. La Geología Urbana es uno de los instrumentos técnicos de máxima prioridad en los procesos de zonificación territorial urbano, por su implicancia en cuanto a la seguridad física y futuro de la vida humana en las ciudades en desarrollo como Tacna.

1.5 Metodología y Procedimientos del desarrollo del estudio

El resultado obtenido es a partir de la ejecución ordenada de una serie de actividades, correspondientes a la metodología sugerida en diferentes estudios de este tipo y básicamente se empleó como metodología la analítica (documental, observación directa, físico-geológico, inductivo-deductivo y de integración y análisis de la información) con la confección de mapas temáticos y de síntesis es como se detalla:

1.5.1 Recopilación de información existente, Organización y generación de mapa base.

Teniendo en cuenta que el presente tesis está basado en gran medida en información secundaria, esta etapa represento un importante paso en su ejecución.

Esta compilación involucro la consulta de las bases de datos de exploraciones y estudios geológicos efectuados por INGEMMET, INDECI, UNGBG Y GRT.

Adicionalmente, los lineamientos generales de las variables físicas de este territorio fueron consultados en los siguientes materiales bibliográficos:

- Cartas Nacionales del área de interés a escala 1:100,000 (Hoja 26- y; IGN).
- Fotografías aéreas de vuelo alto realizadas por el SAN en los años 1961 y 1991.
- Imágenes Satelitales de la ciudad de Tacna año 2002.

- Geología Regional del Cuadrángulo de Tacna – Boletín N° 123 del INGEMMET (Hoja 26 y)
- Características de la Sismicidad en la región Sur del Perú del Instituto Geofísico del Perú (IGP)
- Estudios previos del Mapa de Peligros de la ciudad de Tacna del INDECI-PNUD (Año 2005)
- Plan Director de la ciudad de Tacna de la Municipalidad Provincial de Tana INADUR (Año 2001-2012).
- información relacionada a geotecnia y mecánica de suelos, que comprende básicamente parámetros del suelo en un punto de investigación específico, tales como: perfil estratigráfico, clasificación SUCS, propiedades índices, parámetros de esfuerzo-deformación, estado de compacidad y otros.
- Información Pluviométrica de la Estaciones ubicadas en distintas zonas de Tacna para el periodo comprendido entre 1965 al 2011 en forma interrumpida (Fuente: SENAMHI).

La cartografía base digital utilizada corresponde a COFOPRI y a la municipalidad provincial de Tacna. Sobre ella se determinó el polígono de interés, a una escala apropiada 1:30, 000. El software utilizado en el manejo de información cartográfica digital de esta tesis está en Auto CAD 2012 básicamente.

1.5.2 Descripción y Diagnóstico de campo.

Esta actividad comprendió la visita y recorrido del sector de interés, verificando la información geológica, geomorfológica y morfo dinámica obtenida como bibliografía.

En estos recorridos también se observaron factores relacionados con la estabilidad natural, los materiales constituyentes y su grado de meteorización. Además, dado el

alto grado de sismicidad de la zona y cambios climáticos inesperados, se realizó una evaluación de las características y condiciones de infraestructuras.

Simultáneamente se realizó la verificación y ajuste de la información obtenida por la fotointerpretación y mapas compilados, complementándose dicha información con puntos de control de campo y fotografías. Para ello se utilizaron mapas temáticos de base y se ha desarrollado el siguiente Programa de Investigación de campo:

- Reconocimiento de la litología, estructuras y fallas presentes en la zona de estudio.
- Reconocimiento de la morfo dinámica existe en la zona de expansión urbana.
- Verificación de áreas de menor y mayor peligro ante fenómenos de origen geológico.
- identificación en campo los cursos de agua de mayor importancia desde el punto de vista de peligro o amenaza de origen climático.
- Determinación en campo de la red de drenaje y caracterización de los sectores de mayor peligro dentro del área de estudio.
- Verificación de la infraestructura de drenaje urbano existente.
- Identificación de zonas de menor nivel expuestas a inundaciones por desborde de los ríos.
- Entrevistas testimoniales a lugareños con la finalidad de establecer los antecedentes y el tipo de fenómeno que con mayor frecuencia ocurre en cada una de los cursos de agua de interés (flujo de lodo, erosión, migración del río, transporte de sedimentos, inundaciones, etc.).

1.5.3 Elaboración de resultados

A partir de la compilación de la información existente y resultados de trabajo de campo se ha concluido con lo siguiente:

Análisis de la información geológica geomorfológica y geodinámica del área de expansión urbana.

Elaboración de los mapas: topográfico, geológico, geomorfológico y zonificación de aptitud de uso y ocupación del suelo.

Preparación de cuadros, figuras y gráficos.

Redacción y sustentación de la tesis.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión Bibliográfica

2.1.1 Marco Conceptual de Geología Urbana y Proceso de Zonificación territorial

La **Geología Urbana** se entiende básicamente como disciplina de investigación de la Ciencia de la Tierra que se ocupa de las características de la litología y sus condiciones de meteorización, la estabilidad de las geoformas de la parte superficial de la corteza terrestre, o los fenómenos endógenos como terremotos o fenómenos exógenos como cambios climáticos adversos son determinantes en el crecimiento y desarrollo de una ciudad o define la aptitud del suelo en la utilización de un territorio urbano. Este conocimiento es fundamental en el **Proceso de Zonificación Territorial** que consiste en la aplicación de una metodología para delimitar un espacio con ciertos atributos, conformando unidades homogéneas, a partir de la aplicación de criterios de vulnerabilidad y riesgo, aptitud geológica urbano- industrial y conflicto de uso; de tal manera que sea un instrumento de gestión efectiva del **Desarrollo Urbano Sostenible** que implica un manejo adecuado en el tiempo de la interacción desarrollo urbano – medio geológico, lo cual es el propósito de Ordenamiento Territorial entendida como proceso mediante el cual se orienta la ocupación y utilización del

territorio y se dispone cómo mejorar la ubicación en el espacio geográfico de los asentamientos (población y vivienda), la infraestructura física (las vías, servicios públicos, las construcciones) y las actividades socioeconómicas. (ELABORACION PROPIA)

2.1.1.1 Zonificación de la Aptitud Geológica para el Uso y Ocupación del Suelo.

La zonificación de la aptitud del suelo para el uso es el resultado de la sumatoria de las variables naturales que se incluyen en el análisis geológico y geomorfológico, y su objeto es dar una imagen concisa y sistemática del relieve, los fenómenos ligados al mismo y las características más relevantes de las formaciones superficiales. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD).

CRITERIOS A TOMARSE EN UNA ZONIFICACIÓN:

El objetivo principal de esta zonificación es seleccionar tipos de suelos aptas acorde a la condición geológica, geomorfológica y geológico-geotécnica del polígono de estudio. Resultado que nos ayudara evitar la ubicación de asentamientos humanos y obras de infraestructura en zonas afectables por fenómenos geológicos. En consecuencia, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

Sofometría.- La pendiente, como componente del relieve, se refiere al grado de inclinación del terreno, expresada en porcentaje. Cada formación o unidad superficial posee un comportamiento diferente según la pendiente donde está localizada.

Unidades litológicas y/o formaciones superficiales.- Se refiere a los diferentes materiales geológicos, naturales o entrópicos que constituyen la superficie de un terreno determinado. Cada tipo de formación posee unas

características físicas y mecánicas que condicionan su aptitud para el uso y la manera como pueden ser intervenidos sin que se vea afectada su estabilidad.

Geomorfología. Corresponde al conjunto de formas específicas del relieve que se han originado producto de la interacción de procesos, estructuras y materiales, asociados a la evolución geológica de la superficie terrestre o por la acción del hombre.

Procesos erosivos. Hacen referencia a todos los fenómenos que ocasionan la degradación del suelo, aunque son de tipo natural pueden ser acelerados por la acción entrópica. La identificación de estos permite definir zonas homogéneas en cuanto a su concentración, en función del estado de degradación de los terrenos.

Usos del suelo. Hace referencia a la destinación que posee un terreno específico en la actualidad. Algunos usos del suelo identificados como, explotación de agregados pétreos, vertimientos de escombros y basuras, siembra de cultivos limpios, etc., se han considerado como factores de amenaza y generadores de procesos de inestabilidad.

Hidrología. Este aspecto dentro de la evaluación corresponde a los compromisos por retiros a corrientes naturales de agua y sus nacimientos.

Sismicidad. Es basado en el comportamiento del suelo frente al sismo de grado n, la capacidad portante y tomando como criterio los efectos causados por el terremoto de junio del 2001.

Otros. Hacen referencia a otras afectaciones o compromisos que presentan los terrenos como líneas de alta tensión, poliductos, gasoductos, acueductos, alcantarillados, antena de A.M. y F.M, tanques de almacenamiento, etc.

2.1.1.2 La Zonificación Ecológica -Económica (ZEE)

En el Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica – ZEE, señala que la ZEE es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado,

Basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador de uso sostenible de un territorio y sus recursos naturales.

La ZEE, como parte del proceso de Ordenamiento Territorial, tiene como finalidad:

- a) La identificación de áreas, en las cuales el uso de las mismas, puede ser apoyados a través de proyectos de desarrollo, ejecución de programas, servicios, incentivos financieros, etc.
- b) Identificación de áreas con necesidades y problemas especiales, así como áreas que requieren protección o conservación.
- c) Proveer las bases para lograr una infraestructura de apoyo al desarrollo.

2.1.1.3 El Ordenamiento Territorial OT

– “...es un proceso y una estrategia de planificación, de carácter técnico-político, con el que se pretende configurar en el largo plazo una organización del uso y ocupación del territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo. Se concreta en planes que expresan el modelo territorial de largo plazo que la sociedad percibe como deseable y las estrategias mediante las cuales se actuará sobre la realidad para evolucionar hacia dicho modelo” (MASSIRIS 1993);

– “...es la proyección en el espacio de las políticas social, cultural, ambiental y económica de una sociedad” (GÓMEZ 1994).

El ordenamiento territorial es un proceso multidisciplinario que consiste en identificar, planificar y gestionar los elementos del territorio y las actividades humanas, a partir de criterio jurídico legal que aplican políticas y planes para aprovechar y potenciar las oportunidades de desarrollo sustentable.

2.1.1.4 Crecimiento Urbano y Análisis de Riesgo

La ciudad no tiene necesariamente que aumentar el riesgo, si se organiza adecuadamente, más bien, puede contribuir a reducirlos. Sin embargo, ciertas características claves del proceso de urbanización pueden contribuir directamente a configurar el riesgo. Cuando las ciudades se encuentran en lugares peligrosos, aumentan rápidamente el número de personas expuestas a la amenazas. Está claro que la propia exposición física no explica el aumento del riesgo ni conduce automáticamente en ellos, si el crecimiento urbano en lugares propensos a amenazas se acompaña con normas adecuadas de construcción y una buena planificación urbana, el riesgo de desastre puede controlarse e incluso reducirse. (Maskrey, 1998).

2.1.1.5. Procesos Geodinámicas Generadores de riesgo

Los riesgos naturales invariablemente son la respuesta a los procesos terrestres cuando manifiestan concentraciones de energía sobre suelos, rocas, agua y atmosfera. Estos procesos a su vez son resultados de la combinación en tiempo y espacio de elementos o factores capaces de afectar la integridad de una zona en particular. En zonas urbanas los peligros naturales normalmente son el resultado de un complejo conjunto de interacciones entre dos sistemas, el natural en primera instancia, y el social.

¿Qué son peligros naturales?

Una definición generalmente aceptada dice que los peligros naturales son "aquéllos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton 1978). Más específicamente, en este documento el término peligro natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos geológicos que, por razón del lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades.

¿Cuán naturales son los peligros naturales?

A pesar de la calificación de "naturales", estos peligros tienen ciertos elementos de participación humana. Para estos efectos es preciso distinguir entre tres conceptos: evento físico, que es un fenómeno natural que, de hecho, no afecta a los seres humanos porque sus efectos no entran en contacto con ellos. Es un fenómeno natural que no resulta considerado como peligro natural. Peligro natural que es un fenómeno natural que ocurre en un área poblada o con infraestructura que puede ser dañada. Desastre natural, es un peligro natural que causa un número inaceptable de muertes o daños a propiedades. En áreas donde no existen intereses humanos a vulnerar, los fenómenos naturales no constituyen un peligro ni causan desastres (Elaboración Propia).

Los seres humanos pueden hacer muy poco o casi nada para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales pero, en cambio, pueden tomar seguridades para que los eventos naturales no se conviertan en desastres debido a sus propias acciones y omisiones.

Los fenómenos naturales más importantes, capaces de generar condiciones de riesgo, identificados generalmente, son:

CUADRO N° 1: FENOMENOS NATURALES POTENCIALMENTE PELIGROSOS

FENOMENOS NATURALES	CARACTERISTICAS Y EFECTOS
ATMOSFERICOS	Tempestades de granizo, Huracanes, Rayos, Tornados y Tempestades tropicales.
SISMICOS O TERREMOTOS	Ruptura de fallas, Sacudimiento del terreno , Esparcimiento, lateral, Licuefacción, Tsunamis y Seiches
VOLCANICOS	Tefra (ceniza, "lapilli"), Gases, Flujos de lava, Flujos de lodo, Proyectiles y explosiones laterales, Flujos piroclásticos y otros
REMOSION DE MASAS	Avalanchas por derrubio, Suelos expansivos, Deslizamientos de tierra, Caída de rocas, Deslizamientos submarinos y Hundimiento
HIDROLOGICOS	Inundaciones costeras, Desertificación, Salinización, Sequía Erosión y sedimentación, Inundaciones de ríos, Tempestades marinas y marejadas
INCENDIOS	Chamarasca, Bosques, Pastos y Sabana

Fuente: OEA. Manual Sobre Manejo de Peligros Naturales en la Planificación Integrada para el Desarrollo Regional. (Washington, D.C.: 1991)

2.1.2 Marco Legal y normativo

Constitución Política del Perú.- La Constitución Política del Perú vigente, define en su Artículo 195º que las Municipalidades tienen competencia, entre otras, para planificar el **Desarrollo Urbano** y rural de sus circunscripciones, y ejecutar los planes y programas correspondientes, incluyendo la zonificación, urbanismo y el acondicionamiento territorial.

Política Nacional Ambiental: Numeral 11 referido a ordenamiento territorial se establece como principales lineamientos de política para este tema los siguientes:

Impulsar el Ordenamiento Territorial nacional y la Zonificación Ecológica Económica, como soporte para la conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la diversidad biológica así como la ocupación ordenada del territorio rural y Urbano.

Incorporar en los procesos de Ordenamiento Territorial el análisis de riesgo natural y antrópico, así como medidas de adaptación al cambio climático.

Impulsar mecanismos para prevenir asentamientos de poblaciones y el desarrollo de actividades socioeconómicas en zonas con alto potencial de riesgo ante peligros naturales y antrópicos.

Impulsar el Ordenamiento Territorial como base de los planes de desarrollo concertado y de desarrollo de fronteras en la gestión de cuencas hidrográficas, zonas marino costeras y otros.

Ley de Bases de Descentralización

La Ley de Bases de Descentralización N° 27783, señala explícitamente en varios de sus artículos las competencias regionales y locales en la planificación concertada del territorio, así encontramos:

En el artículo 42º, entre otras competencias exclusivas de las municipalidades, les atribuye el planificar y promover el desarrollo urbano y rural de su circunscripción, y ejecutar los planes correspondientes; así como, normar la zonificación, urbanismo, acondicionamiento territorial y asentamientos humanos.

Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.-

La Ley Orgánica de Gobiernos Regionales N° 27867, en el artículo 53º establece como funciones específicas de los gobiernos regionales en materia ambiental y de ordenamiento territorial, entre otras:

Formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de ordenamiento territorial, en concordancia con los planes de los gobiernos locales.

Planificar y desarrollar acciones de ordenamiento y delimitación en el ámbito del territorio regional y organizar, evaluar y tramitar los expedientes técnicos de demarcación territorial.

Ley Orgánica de Municipalidades.-

La Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972, en el artículo 79º, numeral 1.1, establece como funciones específicas y exclusivas, referidas a la organización del espacio físico y uso del suelo, el “Aprobar el Plan de Acondicionamiento Territorial de nivel provincial, que identifique las áreas urbanas y de expansión urbana, así como las

áreas de protección o de seguridad por riesgos naturales; las áreas agrícolas y las áreas de conservación ambiental.”

El Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano, aprobado mediante Decreto Supremo N° 027-2003-VIVIENDA, derogado con D.S. N° 004-2011-VIVIENDA

Artículo 1.- Objeto

El presente Reglamento constituye el marco normativo para los procedimientos técnicos y administrativos que deben seguir las municipalidades a nivel nacional, en el ejercicio de sus competencias en materia de planeamiento y gestión del suelo, acondicionamiento territorial y desarrollo urbano y rural; a fin de garantizar:

- 1) La ocupación racional y sostenible del territorio.
- 2) La reducción de la vulnerabilidad ante desastres, prevención y atención oportuna de los riesgos y contingencias físico-ambientales.

Artículo 4.- Definición y características del Plan de Acondicionamiento Territorial:

4.1 El Plan de Acondicionamiento Territorial es el instrumento técnico-normativo de planificación física integral en el ámbito provincial que orienta y regula la organización físico-espacial de las actividades humanas en cuanto a la distribución, jerarquía, roles y funciones de los centros poblados en los ámbitos urbano y rural; la conservación y protección del recurso y patrimonio natural y cultural; el desarrollo de la inversión pública y privada en los ámbitos urbano y rural del territorio provincial; y, la ocupación y uso planificado del territorio, para lograr el mejoramiento de los niveles y calidad de vida de la población urbana y rural, bajo el enfoque territorial prospectivo, competitivo y de sostenibilidad.

4.2 La Zonificación Ecológica y Económica, entre otros estudios, contribuye a la formulación del Plan de Acondicionamiento Territorial.

4.3 El Plan de Acondicionamiento Territorial constituye el componente físico-espacial del Plan Provincial de Desarrollo Concertado, estableciendo en los incisos:

1) El modelo físico-espacial para el desarrollo territorial en base a la visión provincial de desarrollo a largo plazo.

8) La identificación de las áreas de protección ambiental, ecológica y áreas de riesgo para la seguridad física afectadas por fenómenos de orígenes naturales o generados por el hombre, así como la determinación de las medidas especiales de protección, conservación, prevención y reducción de impactos negativos.

Artículo 5.- Marco aplicable a los planes de acondicionamiento territorial

Las propuestas contenidas en los planes de acondicionamiento territorial se enmarcan en el Plan de Desarrollo Regional Concertado y demás instrumentos de desarrollo territorial nacional y regional; y a su vez articulados y concordados con los Planes de Acondicionamiento Territorial de las provincias colindantes.

Artículo 11.- Contenido del Plan de Desarrollo Urbano

3) La Clasificación del Suelo, para orientar las intervenciones urbanísticas.

4) La zonificación de usos del suelo urbano y de su área circundante, así como su normativa.

11) La identificación de áreas de protección, conservación, prevención y reducción de riesgos, o recuperación y defensa del medio ambiente.

Artículo 17.- Contenido del Esquema de Ordenamiento Urbano

Inciso 2) Ubicación de las amenazas y mapa de riesgos para la mitigación y prevención de desastres y definición de áreas de protección, prevención y reducción de riesgos; así como para la recuperación, conservación y defensa de medio ambiente.

D.S. N° 087-2004-PCM/ Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica

Mediante esta norma se aprueba el Reglamento de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), que faculta su ejecución en todas las Regiones del País. Dado que en su artículo 1° establece que la ZEE, es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales.

Artículo 1.- Naturaleza de la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE

La Zonificación Ecológica y Económica-ZEE, es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales.

Artículo 2.- Finalidad de la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE

Orientar la toma de decisiones sobre los mejores usos del territorio, considerando las necesidades de la población que la habita y en armonía con el ambiente.

Artículo 3.- Objetivos de la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE

Son objetivos de la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE:

- a) Conciliar los intereses nacionales de la conservación del patrimonio natural con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales;
- b) Orientar la formulación, aprobación y aplicación de políticas nacionales, sectoriales, regionales y locales sobre el uso sostenible de los recursos naturales y del territorio, así como la gestión ambiental en concordancia con las características y potencialidades de los ecosistemas, la conservación del ambiente, y el bienestar de la población;
- c) Proveer el sustento técnico para la formulación de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, en el ámbito nacional, regional y local;
- d) Apoyar el fortalecimiento de capacidades de las autoridades correspondientes para conducir la gestión de los espacios y los recursos naturales de su jurisdicción;
- e) Proveer información técnica y el marco referencial para promover y orientar la inversión pública y privada; y
- f) Contribuir a los procesos de concertación entre los diferentes actores sociales sobre la ocupación y uso adecuado del territorio.

Artículo 4.- Niveles de Estudio

Los estudios de Zonificación Ecológica y Económica-ZEE, serán ejecutados a tres niveles o escalas, de acuerdo con la dimensión, naturaleza y objetivos planteados: macro zonificación, meso zonificación y microzonificación.

a) Macro zonificación

Contribuye a la elaboración y aprobación de políticas y planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, principalmente de los ámbitos: nacional, macro regional y regional. La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo menor o igual a 1:250.000.

b) Meso zonificación

Contribuye a la elaboración y aprobación de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, así como a la identificación y promoción de proyectos de desarrollo, principalmente en ámbitos regionales, cuencas hidrográficas o en áreas específicas de interés. La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo de 1:100.000.

c) Microzonificación

Contribuye a la elaboración, aprobación y promoción de los proyectos de desarrollo, planes de manejo en áreas y temas específicos en el ámbito local. Igualmente, contribuye al ordenamiento y acondicionamiento territorial, así como al desarrollo urbano. La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo mayor o igual a 1:25.000.

Artículo 6.- Enfoques para la Zonificación Ecológica y Económica-EE

- a) Integral, que incluye los aspectos principales que conforman los sistemas naturales y socioeconómicos y culturales, con un análisis multidisciplinario e interdisciplinario de la realidad;
- b) Sistémico, adoptando un enfoque, que aborde sus componentes y sus interacciones;

- c) Flexible, permitiendo su perfeccionamiento por los nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, los conocimientos tradicionales, así como nuevas situaciones sobre la problemática de los recursos naturales;
- d) Participativo, promoviendo la concertación de los diversos actores sociales en el proceso, con el propósito de considerar los diversos intereses y conocimientos, así como para internalizar y garantizar la sostenibilidad del proceso; y,
- e) Descentralizado, considerando e interactuando los diversos niveles de gobierno y promoviendo el fortalecimiento de capacidades técnicas y de gestión.

Artículo 7.- Esquema técnico metodológico

El esquema técnico metodológico de la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE comprende cuatro etapas:

- a) Identificación y caracterización de unidades espaciales relativamente homogéneas, denominadas Unidades Ecológicas Económicas-UEE, integrando espacialmente las variables **físicas**, biológicas, sociales, económicas y culturales;
- b) Evaluación de las UEE, con diversos criterios para identificar alternativas de usos sostenibles con el propósito de formular la propuesta de la ZEE;
- c) Aprobación de la ZEE, por los niveles de gobierno correspondientes y su incorporación a los planes y programas sectoriales, regionales y locales; y,
- d) Seguimiento y evaluación sobre el uso de la ZEE, en las correspondientes políticas y planes de ordenamiento territorial.

Para el caso de la microzonificación la metodología corresponderá a los objetivos específicos del proyecto, el que es definido sobre la base de una meso o macro zonificación.

Artículo 8.- Criterios para la evaluación de las Unidades Ecológicas Económicas

- UEE

Para evaluar las Unidades Ecológicas Económicas-UEE, se utilizarán los siguientes criterios básicos:

- a) Valor productivo, orientado a determinar las UEE que poseen mayor aptitud para desarrollar actividad productiva con fines agropecuarios, forestales, industriales, pesqueros, mineros, turísticos, etc.
- b) Valor bio-ecológico, orientado a determinar las UEE que por sus características ameritan una estrategia especial para la conservación de la biodiversidad y/o de los procesos ecológicos esenciales.
- c) Valor histórico-cultural; orientado a determinar las UEE que presentan una fuerte incidencia de usos ancestrales, históricos y culturales, que ameritan una estrategia especial.
- d) Vulnerabilidad, orientado a determinar las UEE que presentan alto riesgo por estar expuestas a la erosión, inundación, deslizamientos, huaycos y otros procesos que afectan o hacen vulnerables al territorio y a sus poblaciones, así como los derivados de la existencia de las fallas geológicas.
- e) Conflictos de uso, orientado a identificar las UEE donde existan incompatibilidades ambientales (sitios en uso y no concordantes con su vocación natural, así como sitios en uso en concordancia natural pero con problemas ambientales por el mal uso), así como conflictos entre actividades existentes.

f) Aptitud urbano e industrial, orientada a identificar las UEE que poseen condiciones tanto para el desarrollo urbano como para la localización de la infraestructura industrial. Los conflictos entre criterios serán resueltos según lo establecido en el artículo 12 del presente Reglamento.

Artículo 9.- Categorías de uso

Como producto de la evaluación de las Unidades Ecológicas Económicas-UEE se identificará las diversas opciones de uso sostenible de dicho territorio. El tipo de la categoría corresponderá a la aptitud de uso predominante de dicha UEE. Las categorías de uso a utilizar en el proceso de ZEE serán las siguientes:

- a) Zonas productivas, que según la naturaleza del territorio, incluye zonas que tienen mayor aptitud para uso: agropecuario, forestal, industrial, pesquero, acuícola, minero, turístico, entre otras;
- b) Zonas de protección y conservación ecológica, que incluye las Áreas Naturales Protegidas en concordancia con la legislación vigente, las tierras de protección en laderas; las áreas de humedales (pantanos, aguajales y cochas). También se incluyen las cabeceras de cuenca y zonas de colina que por su disección son consideradas como de protección de acuerdo al reglamento de clasificación de tierras y las áreas adyacentes a los cauces de los ríos según la delimitación establecida por la autoridad de aguas;
- c) Zonas de tratamiento especial, que incluyen áreas arqueológicas, histórico culturales, y aquellas que por su naturaleza biofísica, socioeconómica, culturas diferenciadas y geopolíticas, requieren de una estrategia especial para la asignación de uso: (zonas de indígenas con aislamiento voluntario, zonas para la seguridad nacional, etc.);

- d) Zonas de recuperación, que incluye áreas que requieren de una estrategia especial para la recuperación de los ecosistemas degradados o contaminados; y
- e) Zonas urbanas o industriales, que incluye las zonas urbanas e industriales actuales, las de posible expansión, o el desarrollo de nuevos asentamientos urbanos o industriales.

2.2 TERMINOLOGÍA UTILIZADA

Territorio Urbano

Es el “Medio geográfico ocupado apropiado y controlado por diferentes actores sociales” (Vargas, Galindo 2004) se entenderá territorio urbano como el medio en la cual se desarrolla un sistema urbano.

Crecimiento Urbano

Según Collazos (2005), el crecimiento urbano es el incremento de la mancha urbana en zonas periféricas de una ciudad, las cuales cambian su uso para el establecimiento de nuevos asentamientos.

La urbanización

Se define como el proceso de transformación rural-urbano, este proceso puede deberse a varias causas, una de ellas es la migración de la población asentada en áreas rurales a las ciudades. En el caso de asentamientos no planificados y de urbanización espontánea, en la mayoría de los casos, los habitantes viven en condiciones que pueden ser aún peores que las de sus zonas de origen.

Habitabilidad

La habitabilidad hace referencia a la calidad de vida y satisfacción de las necesidades principalmente, aunque no exclusivamente, con respecto a las de tipo material que ofrece el medio urbano. Hablamos conjuntamente de la vivienda, los servicios, el espacio público, el saneamiento, entre otros; elementos que permiten condiciones

apropiadas de existencia, así como el desarrollo de los potenciales humanos, económicos y productivos de una comunidad. (Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe; Jordán, R., (2003).

Aptitud

Uno de los aspectos más importantes de la planificación física del territorio es la designación de zonas aptos para un apropiado uso del suelo, la selección de sitios aptos para un determinado uso del suelo debe estar basado en un conjunto de criterios locales, para asegurar que la tasa máxima de costo – beneficio sea óptima para la comunidad. Las diversas características de un sitio (uso del suelo, pendiente, disponibilidad de agua, distancia al trabajo, etc.), influye en la aptitud para un uso específico del territorio. Un sistema de valores y ponderación se puede aplicar a los diversos aspectos de la aptitud, para establecer la aptitud total de un uso de suelo específico.

Planificación Territorial

La Planificación Territorial está entendida como proceso técnico, en tanto permite prever y decidir hoy las acciones que nos pueden llevar desde el presente hasta un futuro deseable, no en términos del futuro sino de tomar las decisiones anticipadas, racionales y pertinentes para que ese futuro ocurra. La Planificación Territorial busca una ocupación sustentable del territorio y un mayor equilibrio del desarrollo regional. (Consejo Nacional del Ambiente - 2000).

Susceptibilidad.-

Es el grado de predisposición que posee un lugar en el que se genera un determinado fenómeno natural. (Valenzuela 2003).

Según Lavell (2003). Es definido como el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o

susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antrópico.

Vulnerabilidad

Es el grado de pérdida (de 0 a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino (UNDRO, 1979)

Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, que pueden sufrir las consecuencias, directas o indirectas de un proceso geológico, en una determinada zona.

Se define como el grado de resistencia y exposición física y/o social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un fenómeno actuante como amenaza (Natural o inducido por el hombre) de una magnitud dada. (Van Westen 2007).

La vulnerabilidad puede variar debido a un conjunto de condiciones y/o procesos que resultan de los factores de orden natural, físico económico, social, científico y tecnológico, político, cultural, educativo ecológico, ideológico e institucional. Estos factores varían con el tiempo. Para lo cual, dado un nivel de peligro, se debe vigilar los cambios ocasionados en los elementos expuestos. (INDECI, 2007)

Se define por 5 parámetros:

1. Grado de exposición
2. Fragilidad – Resiliencia
3. Impacto en la calidad de vida – mortandad
4. Valor económico afectado

5. Impacto ambiental potencial

En consecuencia tiene múltiples connotaciones, dependiendo si se trata de personas, de conjuntos sociales o de obras físicas además depende de varios factores, entre los cuales pueden destacarse los siguientes:

- Su grado de exposición a un tipo de amenaza (localizado sobre un terreno inundable o no inundable, corrientes de viento que arrastran sustancias contaminantes, sobre (o aledaño a un terreno que puede deslizarse, etc.).
- El grado de incorporación en la Cultura de la educación y de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos.
- La calidad del diseño y de la construcción de las viviendas y de otras edificaciones, y de la urbanización (p. ej. la disposición de suficientes espacios libres y de vías amplias); la calidad de los servicios públicos; la calidad de los terrenos sobre los cuales se habita o se construye o la presencia o ausencia de medidas físicas adecuadas de protección.
- El grado de organización de la Sociedad y la capacidad de interacción y de diálogo entre sus diversas instituciones: las de la comunidad, las del Estado, las de las Organizaciones No Gubernamentales, las de las empresas privadas, las de los gremios y las asociaciones profesionales.

Las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias, como los sistemas locales de servicios de salud y los organismos de socorro (Cuerpo de Bomberos, Cruz Roja, INDECI, etc.).

Riesgo

El término de riesgo puede ser definido como una situación de peligro, pérdida o daño, social o económico, en razón de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural u económico resultantes de la acción humana o no (AUGUSTO FILHO et al., 1990).

Los procesos geológicos naturales de la dinámica externa e interna del planeta ocurren independientemente de la presencia del hombre. No obstante, con las actividades antrópicas en la superficie terrestre, muchos procesos geológicos pasaran a actuar con más frecuencia, de manera que pueden ser inducidos acelerados y potencializados por las alteraciones derivadas de la falta de planeamiento del uso de la ocupación del suelo y de las degradaciones al medio ambiente (CERRI et al.1990)

Desde un punto de vista geomorfológico, los estudios referidos a los riesgos tiene por finalidad la mitigación del desastre basado en la evaluación del riesgo a partir de los conceptos de SUSCEPTIBILIDAD del terreno y de VULNERABILIDAD de la sociedad. Las amenazas (peligros) y desastre natural son concepciones humanamente centradas que llegan a valor cero cuando la sociedad no se ve afectada.

De las definiciones vistas surge, entonces, la definición de RIESGO desde un punto de vista geomorfológico.

$$\text{RIESGO} = \text{SUSCEPTIBILIDAD} * \text{VULNERABILIDAD}$$

Es decir, ante una amenaza o peligro, el terreno presentara una cierta susceptibilidad al mismo. Si esta zonificación presenta una vulnerabilidad asociada, entonces diremos que existe RIESGO.

La zona de riesgo es aquella en donde se tiene medida del daño esperado ante la presencia de un fenómeno destructivo: zona de riesgo mitigable y no mitigable.

Mitigación (sinónimo de reducción)

Abarca todas aquellas acciones tendientes a reducir la exposición o la vulnerabilidad de una comunidad, de un elemento o de un sistema, amenazados por uno o por varios fenómenos de origen natural o tecnológico previsibles. Las principales medidas de

mitigación se conciben en el mediano y largo plazo, e incluyen tanto medidas de planificación del desarrollo (p. ej. Estatutos de usos del suelo, áreas de reserva, áreas no urbanizables por amenazas, normatividad constructiva y urbanizadora, medidas de educación continuada), medidas ingenieriles tales como obras de protección, y medidas de relocalización. Éstas últimas normalmente se toman cuando la exposición a un fenómeno previsible es considerada como alta; se trata, entonces, de alejar a la población y/o a los bienes de esa exposición, para disminuir su vulnerabilidad.



CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



3.1.- Aspectos generales de localización

3.1.1 Ubicación y Accesibilidad

La ciudad de Tacna es la capital de la Provincia y del Departamento del mismo nombre y se encuentra ubicada en la costa meridional del Perú, a 558 m.s.n.m. en el centro del Valle del Caplina. Se encuentra situada a los 70°15' 05" Longitud Oeste, y a los 18° 00' 51" de latitud sur WGS-84. Coordenadas UTM: 8007791.21 Norte (Y) y 367517.35 Este (X) WGS-84.

La accesibilidad, a la ciudad de Tacna por el lado Sur por su localización próxima al Puerto de Arica – República de Chile, es por la Carretera Panamericana y por una línea de ferrocarril.

Por el lado Norte La carretera Panamericana Sur integra a la ciudad de Tacna con toda la faja costera del país cruzando varios departamentos, hasta llegar a Lima, a una distancia de 1,293.12 kms. Asimismo, se tiene la Carretera Costanera, que comunica con el Departamento de Moquegua y la ciudad de Ilo a 150 kms.

Por el lado Este la carretera asfaltada hasta Tarata pasando por Candarave se empalma a la carretera binacional en la localidad de Huaytire, cabe aclarar que esta en pleno azfaltado la vía Tarata- Cadarave ; otra Carretera que pasa por los distritos de Calana, Pachia que cuenta con carpeta asfáltica de 20 kms. Antes de llegar al pueblo de Palca, a partir del cual se vuelve trocha carrozable y por Collpa, que va hacia La Paz –Bolivia.

Por el lado Oeste la carretera Litoral que comunica con Magollo, La Yarada y Los Palos también se llega a los Centros Poblados de Boca del Río, Vilavila, caleta Morro y pasando por distrito de Ite se llega al Puerto de Ilo.

Otro medio de acceso es vía aérea por el aeropuerto instalado en sector viñane.

Cuadro N° 2: Distancia de la ciudad capital Tacna

De Tacna a:	Distancia (Km.)	Tiempo (en auto)
Arica (Chile)	56	1hr
Lapaz (Bolivia)	380	6hrs
Lima	1293	18hrs
Arequipa	368	4hrs
Moquegua	159	2hrs
Puno	415	6hrs
Ilo	150	2hrs
Candarave	170	3.5hrs
Tarata	88	1.5hrs
Locumba	93	1hr.

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 1: Ubicación de la ciudad de Tacna en la Región Sur del Perú



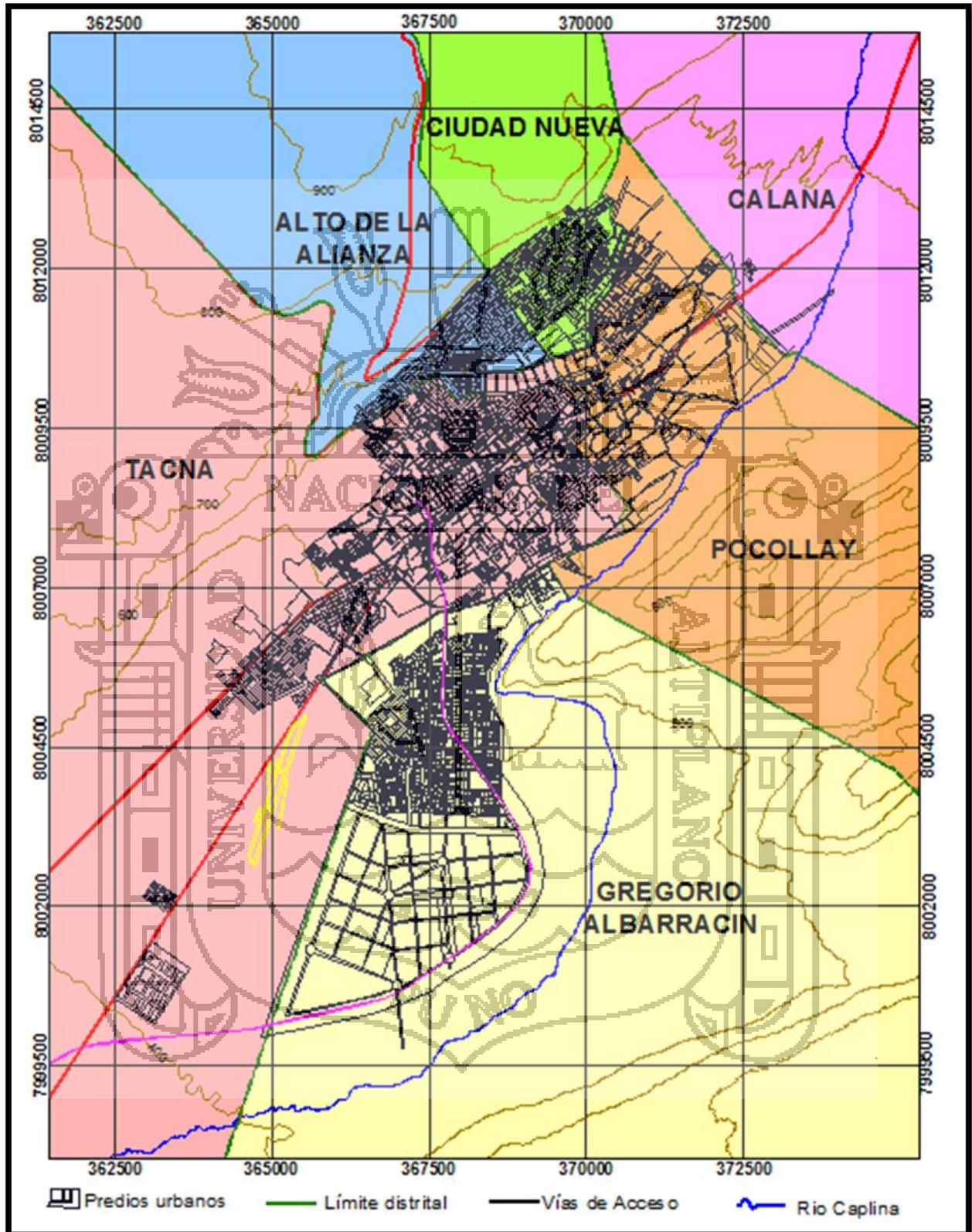
Fuente: Google Earth

3.1.2 Límites y División

La ciudad de Tacna limita al norte con la laderas del cerro Intiorko, aunque en realidad la ciudad se va extendiendo por encima del mismo cerro, por el Sur con de igual manera con el cerro Arunta, al este con el distrito de Calana y al oeste con sector Magollo.

Políticamente la ciudad de Tacna está conformado por la ciudad Capital y los áreas urbanas capitales de los distritos Alto de la Alianza, Ciudad nueva, Pocollay y Gregorio Albarracín Lanchipa. Distrito Calana pronto será parte de esta gran ciudad, puesto que gran área de Calana desde los límites con Pocollay se está poblando por diferentes asentamientos humanos.

Figura N° 2: División política urbano



Referencia: Google Map
Elaboracion propia

3.1.3 Demografía

La Ciudad de Tacna ha experimentado un inusual crecimiento demográfico en los últimos 20 años según INE en su mayoría por migrantes de los pueblos del sur de Departamento de Puno en busca de mejores oportunidades. De acuerdo a los cuatro (4) últimos censos nacionales, la provincia de Tacna ha crecido en más del 266 % al año 2007, el área Urbana a la fecha mantiene tasa de crecimiento superior al 3 %, el 70 % de su población es de origen migrante.

Cuadro N° 3: Población censada de la Provincia de Tacna años 1972 – 2007

AÑOS	HABITANTES	VARIACIÓN %
1972	71,661	100.00
1981	114,133	159.27
1993	193,514	270.04
2007	262,731	366.63

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007

Cuadro N° 4: Población de la Provincia, la Región y el País

Prov./ Región/ País	Población Total 1993	Población Total 2007	Tasa de Crecimiento Anual
Provincia Tacna	193,514	262,731	2,12%
Región Tacna	223,768	288,781	2,0%
País	22,048,356	27,412,157	1,68%

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007

Foto N° 1: Vista panorámica de la ciudad de Tacna de norte a sur desde cerro Intiorko



La población de la provincia de Tacna es mayoritariamente urbana, lo que quiere decir la distribución en territorio no es homogéneo. Según el censo del 2007, la población urbana de la provincia es de 245,930 habitantes representando el 93,6% de la población total de la Provincia, y la población rural de 16,801, es decir 6,39%.

Cuadro N° 5: Población censada urbana y rural Provincial: 1993-2007

Población por área de residencia	Censo 1993	%	Censo 2007	%
Población total	218,353	100.00	262,731	100.00
Urbana	195,949	89.74	245,930	93.61
Rural	22,404	10.26	16,801	6.39

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007

Proyección del Crecimiento Poblacional de la Región Tacna

$$P_f = P_i(1 + r)^n$$

P_f: Población Final.

P_i: Población Inicial.

r: Tasa de Crecimiento

n: Tiempo en años entre la población inicial y población final.

Para la estimación del crecimiento poblacional de la ciudad de Tacna se ha considerado, que la ciudad tiene un 91,3% de la población Regional, hasta el año 2,020 tendrá una población de 350,205 habitantes.

Cuadro N° 6: Ciudad de Tacna: Hipótesis de crecimiento poblacional - Años: 1972 – 1981 – 1993 – 2007 al 2020

DISTRITOS (a)	POBLACIÓN POR AÑOS					
	1972(b)	1981(b)	1993(b)	2007(b)	2015(d)	2020(d)
TACNA	56,540	97,173	111,466	94,428*	117,773	130,050
ALTO DE LA ALIANZA	©	©	26,872	35,439	41,522	45,843
CIUDAD NUEVA	©	©	26,178	34,231	40107	44,281
POCOLLAY	2,682	3,359	9,820	17,113	20050	22,136
G. ALBARRACIN	©	©	©	68,989	90845	107,895
CIUDAD DE TACNA	59,222	100,532	174,336	245,930	310,297	350,205

(a) Se considera sólo el ámbito urbano.

(b) Datos censales de población (2007)

(c) Aún no existían como distritos y formaban parte del Distrito de Tacna

(d) Proyecciones mediano y largo plazos.

* desde el año 2001 con la creación del dist. G. albarracin cambian las cifras

Fuente: INEI – Tacna - Elaboración: propia.

3.1.4 Educación

Es de destacarse el nivel de educación superior privada que posee la población de la provincia de Tacna (78,763) el cual supera al sistema educativo regular (71,297), situación que posibilita de un lado, una mayor oportunidad de acceso al trabajo, y a la parte contratante, el poder contar con un personal con conocimientos y en mejores condiciones para un adecuado desempeño, de igual modo en la educación nivel inicial ,primaria y secundaria el esfuerzo del estado con el apoyo de recursos provenientes de canon minero se está logrando un nivel de aprendizaje requerido, sin embargo no cubre las expectativas de los padres de familia que en su mayoría prefieren la educación privada.

3.1.5 Actividad Económica

El PBI per cápita de la región Tacna calculado en el año 2004 era de 11.580 nuevos soles. La población económicamente activa de Tacna se desempeña mayormente de manera independiente, esto es en negocios propios que alcanzan al 35% de la población, otro grupo importante lo representan los empleados y los obreros con el 22.3% y el 21% respectivamente. → INDUSTRIA AGROPECUARIA → MINERIA → ZONA FRANCA (Comercio)

3.1.6 Viviendas

La cantidad de viviendas en medio urbano de la ciudad de Tacna se aprecia en el cuadro N° 06 y se observa que la mayor cantidad de viviendas particulares censadas se presenta en los distritos de Tacna y Gregorio Albarracín con un total de 29,635 y 27,872 respectivamente.

Cuadro N° 7: VIVIENDA POR DISTRITO

Distritos	Viviendas Particulares censadas		Viviendas Particulares con ocupantes presentes		Casa independiente		Departamento en edificio	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Tacna	29 635	99,5	24,632	83,1	24,936	84,1	1,999	6,7
Alto de la Alianza	8,299	99,6	8,257	99,5	7,608	91,7	26	0,3
Ciudad Nueva	9,039	99,9	8,275	91,5	8,521	94,3	6	0,1
Pocollay	5,726	99,8	4 655	81,3	4 254	74,3	69	1,2
Gregorio Albarracín	27 872	99,7	21 978	78,9	21 713	77,9	574	2,1
Total	80 571	97,7	67 797	86,86	67 032	84,46	2 674	2,08

Fuente: INEI - Tacna (2007)

3.1.7 Zonificación

El Plan Director vigente está considerado hasta el año 2010, y está elaborado planes anteriores que se remontan hasta el año 1960, los que han sido permanentemente actualizados, hasta la elaboración en el año 2001 del último. La elaboración inicial, estuvo en manos de la Dirección General de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda (1960), el siguiente fue actualizado y entregado por la misma Dirección en el año 1966, a partir de ese año, las actualizaciones estuvieron elaboradas por la Municipalidad Provincial de Tacna hasta el año 2000, al año siguiente fue actualizado por el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano.

El Plan Director vigente, considera la siguiente Zonificación:

- **Educación:** Universidad (E3), Instituto Superior (E2), Primario – Secundario (E1).
- **Salud:** Hospital Especializado (H4), Hospital General (H3), Centro de Salud – Policlínico (H2), Posta Médica (H1).
- **Comercialización:** Mercado Mayorista (MM), Mercado Sectorial (MS), Mercado Zonal (MZ).
- **Recreación:** Recreación Pasiva y Recreación Activa (ER).
- **Residencial:** Densidad Baja (R1 – R2), Densidad Media (R3 –R4), Densidad Alta (R5 – R6), Mixto Densidad Baja (I1 – R1).
- **Industria:** Gran Industria (I3), Industria Liviana (I2), Elemental Complementaria (I1)
- **Comercial:** Central (C7), Distrital (C5), Sectorial (C3), Vecinal (C2), Local (C1), Especializado (CE), Intensivo (CI), Industrial (CIN).
- **Otros Usos:** Otros Usos (OU).
- **Equipamiento Recreativo** (ER).
- **Protección Ecológica** (PE).
- **Agrícola Sostenible** (AS).
- **Pecuario Sostenible** (PS).
- **No Apto para Fines Urbanos** (UN).
- **Reserva Urbana** (RU).
- **Zona Urbana** (ZM).

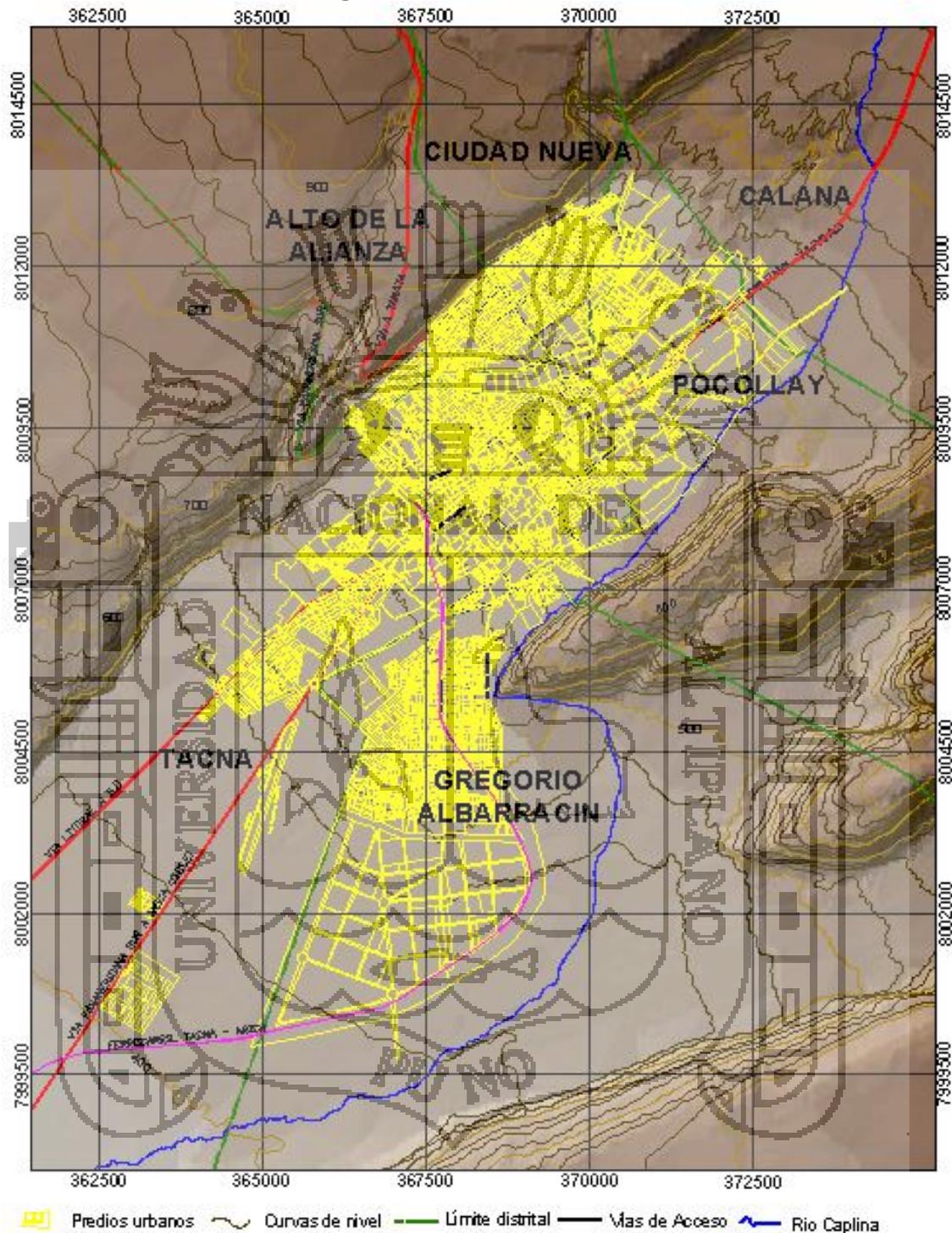
3.1.8 Fisiografía

La ciudad de Tacna topográficamente se encuentra ubicada en el valle del río Caplina, labrado en la gran unidad geomorfológica denominada Pampas Costaneras.

El conjunto de la ciudad se encuentra emplazada a una altura de 550 msnm sobre las terrazas aluvial y pluvial con pendiente promedio de 3 a 4% y en medio del Valle de Caplina limitado por el lado Sur con el Cerro Arunta de altura de 300 a 350 metros desde la base, y por el lado Norte con el cerro Intiorko que localmente mide hasta los 300 metros de altura.

La morfometría de estos Cerros es diferente de un lado a otro, como se puede apreciar en la figura N° 2, la presencia de colinas en el lado Sur en forma de lenguas alargadas con dirección NW paralela al drenaje presente, evidencia la acción erosiva de intensas lluvias en el pasado que ha modelado la superficie Huaylillas; en cambio el cerro Intiorko presenta una morfometría casi plana con poca presencia de drenaje profundo salvo en la quebrada del Diablo de mayor longitud que la quebrada Caramolle posiblemente haya sido por la poca afluencia de agua; por otro lado mantiene el alineamiento y el control estructural que ejerce el lineamiento Caplina.. Las faldas de los cerros forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 30% y 60% y están cubiertas por depósitos diluviales.

Figura N° 3: Área de Estudio



Fuente: Google Map
Elaboración propia

3.1.9 Aspectos Climáticos

La ciudad de Tacna, por su ubicación geográfica dentro de la zona climática subtropical presenta características propias de un clima templado cálido; donde las temperaturas oscilan regularmente entre el día y la noche; las lluvias son insignificantes e irregulares en años normales; existe alta nubosidad; y se perciben dos estaciones bien contrastantes: el verano (Diciembre – Marzo) y el invierno (Julio – Setiembre), mientras que el otoño y la primavera son estaciones intermedias. La estación húmeda la constituye el verano del solsticio Sur, con lluvias en las partes altas de la cuenca, por encima de 2000 m.s.n.m.

3.1.9.1 Temperatura

Las temperaturas medias alcanzan la máxima de 27.2°C en verano (Febrero) y la mínima de 9.5°C en invierno (Julio), tal como lo señalan los registros de la estación Climática Jorge Basadre – Tacna en el año 2000.

Según las series históricas se han registrado temperaturas medias mensuales de 17.7°C en el período 1950 – 1972 en la Estación Corpac (501 m.s.n.m.) y temperaturas máximas mensuales de 25.8°C en la Estación Calana (848 m.s.n.m.).

Durante los eventos del fenómeno El Niño, que se manifiesta por un aumento de temperatura en el mar y aire en el Océano Pacífico frente a las costas de Ecuador y Perú entre Diciembre y Marzo, se han detectado temperaturas máximas de 28.5°C (año 1995) y 29.7°C (año 1998) en la Estación Jorge Basadre; mientras que en invierno se registraron temperaturas mínimas de 9.2°C (año 1996) y 13.1°C (año 1997).

Según se asciende hacia los 1000 m.s.n.m., es notorio que las temperaturas en el día y la noche así como en invierno y en verano no son muy contrastantes, tal es el caso de la Estación de Calana que registró en el año 1998 temperaturas máximas de

27.4°C y mínimas de 17.6°C, y en el año 1999 éstas fueron de 24.4°C y 13.4°C, respectivamente.

climatológico regional que ha rebasado el ámbito mundial por los cambios climáticos que acarrea y el efecto destructivo del incremento anormal de la temperatura del aire y del mar en el período interanual de diciembre – marzo, y sus consecuencias en el clima por la presencia de mayores lluvias e incremento de los caudales de los ríos de la Cuenca Consecuentemente, el análisis de las temperaturas permite señalarle al clima una relativa benignidad y estabilidad por la alta nubosidad en las áreas costeras, así como una alta evaporación en las áreas peráridas.

Es importante considerar la ocurrencia del fenómeno El Niño con una cierta regularidad de 4 años, fenómeno del Pacífico.

Expertos en climatología han detectado en estas últimas décadas la sucesión de eventos de calentamiento y fuertes lluvias en los años 1972-73; 1976-77; 1982-83; 1987; 1991-93 y 1997-98. (3).

Valorando los registros de años normales y anormales de temperaturas éstas son relevantes para el diseño de las viviendas y edificaciones que deben adecuarse al medio geográfico y al clima imperante de esta zona, donde su máxima oscilación de temperaturas es de 20°C, alcanzando máximas de 30°C (veranos calurosos) y mínimas de 10°C (inviernos fríos).

3.1.9.2 Humedad Relativa:

En sus valores promedio anual la Humedad Relativa alcanza el 71% en La Yarada y el 76% en Calana. Como referencia (42) se tiene que en el período 1966-1971, la humedad relativa en la Estación Calana alcanzó máximas absolutas de 82% - 99% en invierno y mínimas absolutas de 44% - 58% en verano, lo que implica un período de alta nubosidad versus un período de sequedad.

3.1.9.3 Vientos

La Estación Tacna - Corpac señala la predominancia de vientos de dirección sur en el verano y de suroeste en el resto del año durante el período 1950 - 1971, persistiendo esta direccionalidad del viento hasta la fecha.

3.1.9.4 Precipitación Pluvial

Las precipitaciones pluviales en la cuenca de caplina es propio de la costa, en el área oscila anualmente entre 0.0 mm. A 210 mm.

En el ámbito de la ciudad de Tacna, las precipitaciones son mínimas e irregulares variando de finas garúas en la Costa durante el invierno hasta máximas de 80 mm. En verano (años excepcionales por el fenómeno El Niño). Reporte en la Estación Jorge Basadre - Tacna.

La Estación de Calana por su cercanía a las pampas peráridas presenta características de un microclima extremo árido, dado que registra valores oscilantes entre 0.0 mm. a 12.6 mm anuales.

Estos valores promedios se ve alterado por la influencia del fenómeno climático mundial es ahora conocido como un fenómeno cíclico y regular interanual que ocurre en los meses de Diciembre a Marzo. Se caracteriza por el avance de aguas cálidas de la Corriente del Niño (dirección norte) hasta más allá de los costas de Lima en años de efectos benignos, y que penetra la Corriente Peruana de Humboldt de aguas frías en las costas del sur de Chile, en los años de efectos devastadores.

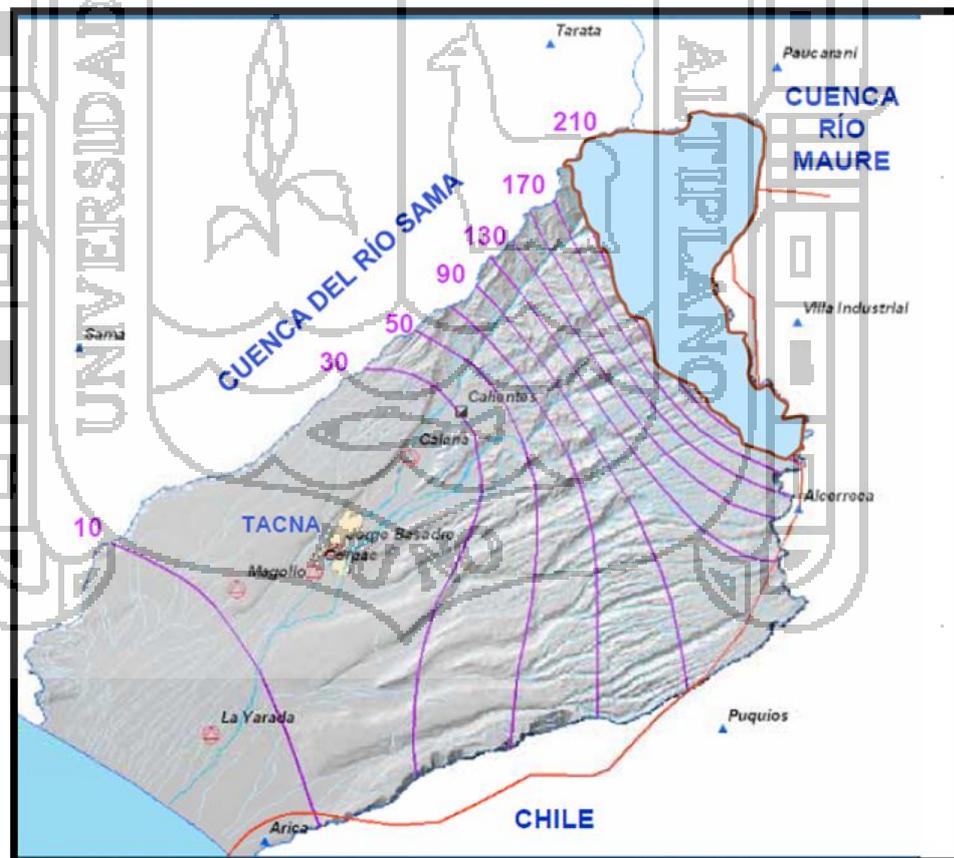
La aparición del fenómeno El Niño acarrea un incremento de las temperaturas del aire y mar, incremento de lluvias en la Sierra y Costa durante el verano (años lluviosos), y/o extrema sequía (años secos).

La información meteorológica correspondiente a las Estaciones de Magollo, Jorge Basadre - Tacna y Calana permite detectar en el período 1980 – 2000 la presencia del fenómeno El Niño de 1982-83 como uno de los más destructivos en la zona sur del país.

En 1982-83, se registraron precipitaciones totales de 12.7 mm. y 60.1 mm. En la Estación Magollo, en tanto que en Calana se alcanzó 32.6 mm. y 155.2 mm. de lluvias. En el año 1987, dicho fenómeno fue considerado poco destructivo por los registros regulares de lluvia de 18.4 mm. en Magollo y 20.6 mm. En Calana.

Durante el siguiente fenómeno El Niño fue de carácter destructivo, la Estación Jorge Basadre - Tacna detectó 81.1 mm. en el año 1997 y 30.6 mm. En el año 1998.

Mapa N° 1: MAPA DE ISOYETAS - CUENCA CAPLINA



Fuente: INGEMMET 2009 (Precipitación 1964-2002)

En términos prácticos no llueve en la propia ciudad, salvo esporádicas lloviznas de condensación de humedad, llamadas garúas en la primavera, por lo tanto, su clima es árido. Aun así, históricamente se han reportado algunas avenidas del río Caplina, sin lluvia importante en la ciudad, pero también la presencia de algunas lluvias moderadas en eventos diferentes.

Tacna es afectado por este fenómeno por las avenidas provenientes de las partes altas donde las precipitaciones son intensas. Estas avenidas esporádicas llegan y al paso del río Caplina afectan con huaycos y desbordamientos en algunos lugares ocasionan destrucción de infraestructura instalada sobre el río.

3.1.10. Ecología

Está basada en los conceptos generalizados de los sistemas originales de los Drs. Warren Thornwaite y Leslie R. Holdrige, el mismo que ha sido utilizado por la ONERN en la elaboración de mapas climáticos del Perú descrito en el informe titulado “Inventario Regional de Aguas Superficiales del Sur del Perú” de ONERN 1984. Han reconocido 9 formaciones ecológicas correspondientes a los diferentes pisos altitudinales que se describen en cada formación ecológica, las características de suelo, vegetación y uso actual de la tierra.

Para las cuencas de los ríos Caplina y Yungane en la vertiente del Pacífico predomina una zona sin escurrimiento en la cuenca baja mientras que en la cuenca media existen formaciones ecológicas matorral desértico y estepa montano Templado cálido, y finalmente en la cuenca alta una zona de páramo húmedo Subalpino Templado cálido, tundra muy húmeda Alpino Subtropical y pequeñas Zona de Nivales propia de los nevados.

3.1.11. Factor Hidrológico

3.1.11.1 Sistema Caplina

Las nacientes del río Caplina corresponden a la vertiente del Pacífico, se ubican próximos a la divisoria de las agua, desplazándose predominantemente en dirección Noreste-Sureste. El régimen del río es torrencioso y muy irregular, con marcadas diferencia entre sus descargas extremas, siendo alimentados en el verano Austral por precipitaciones pluviales, período en el que se concentra el 75% de las descargas, y el resto del año por deshielo de glaciales y/o la descarga de los acuíferos de agua subterránea.

El Sistema Caplina permite captar las aguas de la cuenca Caplina incluido las nacientes del río Sama para el uso poblacional de la ciudad de Tacna y el uso agrícola del valle de Tacna y es conducida por el canal de mampostería de sección trapezoidal.

El canal Caplina, que fue construido en 1958, abastece de agua de uso agrícola a la comisión Bajo Caplina del Distrito de Riego Tacna (85%) y de uso poblacional a la ciudad de Tacna (15%).

Foto N° 2: Canal Caplina y su tipo de agua



Actualmente, en la cuenca del río Caplina, se tiene registros de descargas en las estaciones Calientes, sobre el canal Caplina, cuya captación se ubica en el río Caplina. La información hidrométrica en la cuenca data desde el año 1939, sin interrupciones, del registro histórico se tiene que la media mensual multianual es de 0,996 m³/s, con mínimos de 0,105 m³/s y máximos de 33,22 m³/s. Esto arroja un rendimiento específico o producción media de la cuenca de 0,90 l/s/Km².

Cuadro N° 8: Máximas descargas (programa FLFREC)

PERIODO DE RETORNO (Años)	CAUDAL MAXIMO (m ² /s)
50	22.40
100	27.70
200	33.70
500	42.80
1000	50.90

Fuente: INDECI 2004

3.1.11.2 Sistema Uchusuma

El Sistema Uchusuma permite captar las aguas del río Yungane incluido las derivaciones del río Maure y del río Uchusuma para el uso poblacional de la ciudad de Tacna y el uso agrícola del valle de Tacna.

Este sistema, ubicado en las cuencas del río Uchusuma y Maure (jurisdicción del distrito de riego Tacna), está conformado principalmente por la derivación de la cuenca del río Maure, la captación de quebrada Queñuta, la derivación de la cuenca del río Uchusuma, la captación de Chuschuco, los Reservorios de regulación en Cerro Blanco.

Foto N° 3: Infraestructura y agua de sistema Uchusuma

3.1.12. Hidrología

Actualmente el recurso hídrico es motivo de preocupación general, debido a la disminución paulatina de su disponibilidad y al crecimiento vertiginoso de su demanda. Su escasez adquiere en la región características muy especiales de variabilidad espacial y temporal, condicionadas por la configuración físico-geográfica de nuestro territorio, lo que limita de por sí el desarrollo socio-económico, es más, nos encontramos en una zona de condiciones climáticas muy especiales que hacen que las descargas de nuestros ríos sean muy bajas respecto a los ríos de la parte centro y norte de nuestro país

En la ciudad Tacna, la oferta hídrica actual no abastece los requerimientos actuales por lo que se presenta un estado de déficit que no ha sido superado a la fecha. Es importante recalcar, que no sólo es el problema de déficit hídrico, sino también la presencia de excedentes de baja recurrencia pero alta capacidad de erosión y transporte. La pluviosidad asociada al fenómeno El Niño, produce la erosión en la zona más árida de la Cuenca Caplina; desde Tacna hasta los 2.000 m.s.n.m, produciendo erosión y formación de huaycos que pueden bajar por las quebradas

Uchusuma, Viñani, Las Salinas, Escritos, Del Diablo, Caramolle, etc. Este fenómeno puede afectar a la ciudad de Tacna, en los Conos Norte y Sur; así como, la toma Chuschuco, por la quebrada de la margen izquierda.

En la zona de estudio, por las características propias de la cuenca y subcuencas como ser principalmente estar sujetas a crecientes en función de la caracterización realizada con la determinación de los parámetros geomorfológicos superficiales de la cuenca Caplina, se tiene un gran poder de arrastre, donde se puede observar en épocas de avenidas extraordinarias que el arrastre incluye bolonería de gran tamaño de puede superar el metro de diámetro, situación que se torna bastante peligrosa por la gran energía que se presenta al momento del ingreso de los huaycos.

El desvío del río Caplina en la denominada Defensa de Calana constituye uno de los lugares de mayor riesgo por desborde e inundación hecho que quedó demostrado tras las avenidas de los años 1998 y 1999, donde ocurrió el desborde del río en forma leve, pero dejando claro que la capacidad de la estructura no es la adecuada. Esta situación, pone entre aviso que a una descarga mayor como ser la correspondiente a un período de retorno de 100 años o más la estructura (Defensa de Calana), estaría en eminente riesgo de colapso, lo que traería consigo desborde e inundación, arrastre y otros efectos colaterales que pueden originar grandes daños a la ciudad de Tacna.

Desde el cuartel militar Tarapacá hasta la zona del Cono Sur de la ciudad, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, siempre ha existido la incertidumbre de desbordes del río Caplina, en sus máximas avenidas. El cauce ya tiene más o menos definido en esta zona su canal principal y en la zona de canteras, en cada avenida extraordinaria que se presenta se rellanan las excavaciones realizadas y se vuelve a formar el cauce normal del río.

3.2 CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

3.2.1 Litología y Estratigrafía

En la región costa de Tacna la mayoría de las formaciones geológicas sedimentarias corresponde a la Era Mesozoica y fueron parte del Geosinclinal Andino; mientras que la formación volcánica en la región andina se constituyó desde fines del Mesozoico y durante la Era Cenozoica. Dando lugar al macizo cordillerano. Es importante destacar la presencia de la única formación sedimentaria de carácter continental o Formación Moquegua del Terciario Superior, que es una evidencia de un periodo de intensas lluvias en la zona sur del Perú. Estas capas o formaciones constituyen la columna geológica estructural de la corteza terrestre de nuestra región. Al respecto los estudiosos de la materia destacan las siguientes formaciones:

TRIASICO SUPERIOR – JURASICO MEDIO

Las rocas del Triasico superior al Jurasico inferior están representadas por la Formación Chocolate. Principalmente la litología de esta formación se caracteriza por presentar una intercalación de sucesiones volcánicas y sedimentarias de ambiente marino y continental.

El Jurasico medio está representado por secuencias sedimentarias correspondientes a la formación Socosani y a la base del Grupo Yura.

Formación Chocolate (Ji-cho)

La formación Chocolate ha sido definida por Jenks (1948) en Yura, departamento de Arequipa. Trabajos posteriores realizados por Benavides (1962), von Hillebrand (1981), Sanchez et al. (2000), Acosta et al. (2009), Alvan et al. (2010), entre otros, demuestran la continuidad de estas formaciones

volcano - sedimentarias a lo largo de la cordillera de la costa y la vertiente oeste de la Cordillera Occidental.

En los trabajos realizados en los cuadrángulos de Pachia (36-v) y Yarada (37-u), describen a los afloramientos de la formación chocolate como una intercalación de rocas volcánicas y sedimentarias. Asimismo, en base a la litología y a los resultados de los análisis químicos está dividido en dos unidades: A) la primera que corresponde a la parte inferior, está conformada por sucesiones mayormente sedimentarias conglomeraditas con niveles volcánicos aglomeraditas y de flujos de basalto andesita; B) la segunda unidad corresponde a la parte superior de la sucesión. Está conformada principalmente por rocas volcánicas, sedimentarias conglomeraditas y arenosas.

Los afloramientos de la unidad A y B más próximo a la ciudad de Tacna esta al oeste en la cordillera de la costa en el cerro llostay ubicado al sur del sector de Boca del Río.

Formación Socosani (Jm-so)

Esta Formación es principalmente de calizas aflora ampliamente en su localidad tipo en el cerro Yanacoto, en la localidad de Yura departamento de Arequipa, donde se aprecia claramente el límite entre la Formación Chocolate y la Formación Socosani, distinguiéndose en las litofacies y en el ambiente de sedimentación (Jenks, 1948; Benavides, 1962).

La columna estratigráfica levantada por Acosta et al. (2011) en los cerros San Francisco y Tocuco, en Tacna, muestran las mismas plataformas carbonatadas para estas formaciones, con mayor espesor y con base arenosa. Más hacia el este, en Pachia y Palca, el ambiente de sedimentación sigue correspondiendo al mismo ambiente. En cuanto al techo, se observa que subyace a los sedimentos

clásticos de la base del Grupo Yura en un evidente paso progresivo con incremento de sedimentos arenosos y limosos.

Grupo Yura (JiKs-y)

el grupo Yura fue nombrado por primera vez en los afloramientos de Yura, en Arequipa por Jenks (1948) y Benabides (1962), mencionando una gran serie de lutitas con intercalaciones de areniscas en canales, con slumps, algunos conglomerados de geometría lenticular, plataformas de carbonatos y depósitos fluviales deltaicos (Acosta et al., 2011).

En Tacna, se consideraba ausente, sin embargo se ubicaron en cuadrángulo de la Yarada por el cerro Siete Colores y Miraflores. En este lugar se aprecia lutitas y limolitas de color negro a gris oscuro con cemento calcario e intercalado con ocasionales lentes sedimentarios de caliza.

CENOZOICO

El Cenozoico en los cuadrángulos de la Yarada (37-u), Tacna (37-v) y Huaylillas (37-x) está representado principalmente por los sedimentos que corresponden a la parte superior de la cuenca Moquegua, cuyo límite morfo - estructural es la Cordillera de la Costa por el Oeste y la Cordillera Occidental por el Este.

Grupo Moquegua (Eoceno Oligoceno)

Los primeros estudios para el grupo Moquegua fueron realizados por Adams (1906) quien describe primero como Formación Moquegua con una serie de capas continentales compuestas por Lutitas, areniscas, conglomerados y Piroclastos que afloran en el valle de Moquegua. Posteriormente, Steinmann (1929) la dividió en unidad Moquegua Inferior y Moquegua Superior.

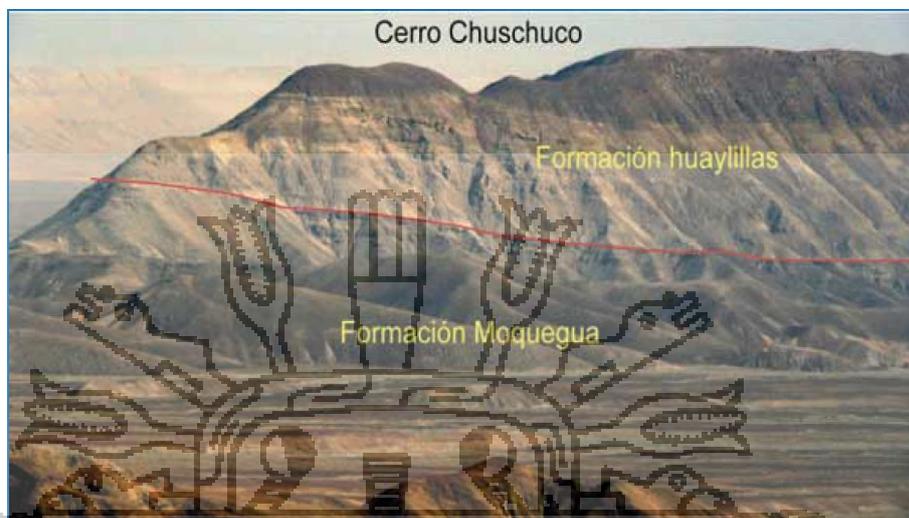
Marocco et al.(1985) basándose en la denominación de Formación Moquegua usada por los organismos antecedentes al INGEMMET, propone elevar a la categoría de Grupo Moquegua conformado por Formación Moquegua Inferior y Formación Moquegua Superior, separados por una ligera discontinuidad.

Los trabajos actuales revelan que en los cuadrángulos de la Yarada, Tacna y Huaylillas afloran únicamente sedimentos pertenecientes a la Formación Moquegua Superior. Estos afloramientos están ubicados en los cerros El Perdido, Piramide, Jachacollo, Colorado y Piedras anchas, los que están modelados por los valles de las quebradas Viñani Y Cauñani – Tembladera. el techo de esta formación termina en discordancias paralelas (Wilson y Garcia, 1962), con las capas de ignimbritas de la Formación Huaylillas.

La litología consiste una sucesión principalmente por materiales detríticos. Esta sucesión consiste de conglomerados polimecticos con pequeños lentes de areniscas. La base de los afloramientos en el fondo de la quebrada Viñani inicia con areniscas fedespaticas de grano medio, intercalados con delgados canales conglomeraditos; además de delgados estratos discontinuos de tobas blancas. Las tobas presentan cristales de biotita ligeramente alterados y fragmentados. La parte superior de estos afloramientos lo conforman estratos de areniscas cuarzo feldespaticos cortados por canales conglomeradicos con clastos de roca volcánica andesita principalmente. Estos conglomerados poseen una matriz arenosa arcósica de color verde.

La edad de esta formación queda establecida en el Oligoceno, debido a que su base ha sido datada en aproximadamente 30 Ma (Marocco et al.1985; Sempere et al., 2004), y el tope en aprox. 23 Ma (Tosdal et al.,(1981); France et al., (1984)).

Figura N° 4: Contacto entre formación Moquegua y Huaylillas



La Formación Huaylillas nombrado por Wilson & García, (1962), refiriéndose a una gran superficie piroclástica que cubre tanto en el extremo sur del territorio Peruano como el Norte Chileno. Los afloramientos de esta formación se hallan cubriendo íntegramente al cuadrángulo de Huaylillas y gran parte del cuadrángulo de Tacna. El espesor de estos depósitos es variable, desde unas decenas de metros hasta aproximadamente 250m.

Wilson & García (1962) dividen a esta formación en tres miembros, donde destaca que entre los miembros existe poca diferencia litológica, por tratarse en todos los casos de tufos ácidos de composición dacítica y riolítica, con leves diferencias en el color, textura y mineralogía.

Se describe la litología y ambiente sedimentario de los tres miembros que conforman la Formación Huaylillas: El Miembro Inferior está compuesto por tobas rosáceas con abundantes fragmentos líticos y fragmentos de pómez, intercalados con niveles de conglomerados con clastos de roca sedimentaria y volcánica sub redondeadas. Estos conglomerados poseen matriz de areniscas

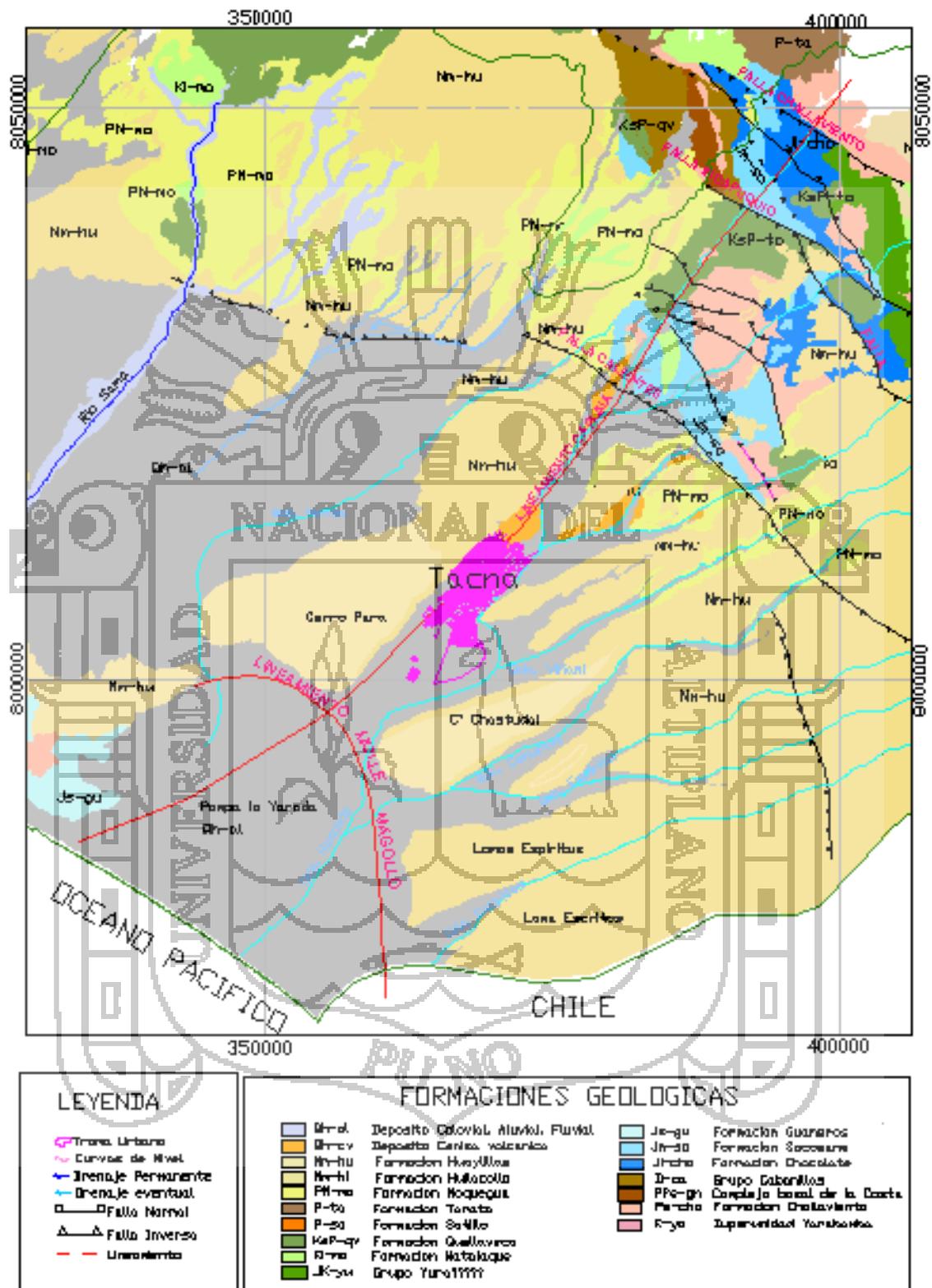
cuarzo-feldespatica con tonalidad verdosa con fuerte influencia ignimbrítica. Presenta además canales de arcillas de grano medio a grueso con abundante matriz limolítica de color gris a rojizo; El Miembro Medio comprende una sucesión de tobas riolíticas y riolíticas, de color rosáceo, con fragmentos de pómez y líticos, intercalados con delgados niveles de areniscas masivas de color verde; y el Miembro Superior consta de sedimentos de conglomerados y areniscas de coloración gris oscura, con clastos mayormente andesíticos y delgados niveles evaporíticos. En los estudios hechos por Flores y Sempere (2002) describen a una serie de sedimentos denominándolos como Formación Magollo.



CUADRO N° 9: Columna Estratigrafica generalizada del sur

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
GENOZOICA	Cuaternario	Holoceno	Depositos Aluviales		Depositos fluviales y aluviales	
		Pleistoceno	Grupo Barroto		Tobas intercaladas con lavas andesíticas y brechas Lavas andesíticas con intercalaciones de lavas y brechas	
	Neogeno	Plioceno			Dico. eros.	Tobas y areniscas blancas y calizas lacustres
		Mioceno	Formacion Moquegua	Grupo Maure Formacion Huastilla		Areniscas, conglomerados y limolitas Tobas ríolitas grises intercaladas con lavas Flujos lavicos intercalados con flujos productivos y phase volcánicas
			Formacion Sotillo	Grupo Tabaes		Dico. ang.
	Paleoceno	Oligoceno				Conglomerados y areniscas marron rojizas
		Eoceno				Lavas porfíricas andesíticas grises, intercaladas con flujos productivos
	MESOZOICA	Cretácico	Superior	Grupo Toquepala		Areniscas, limolitas volcánicas intercaladas con lavas ríolitas porfíricas solidadas gris rojizas. Areniscas, conglomerados volcánicas con flujos productivos Lavas andesíticas y brechas productivas intercaladas con lavas y flujos productivos.
				Formacion Ancónquina		Dico. ang.
			Inferior	Formacion Murco		
Grupo Yura						Areniscas pardas amarillentas de grano medio
Jurásico		Superior	Formacion Guanterón			Areniscas cuarcíticas blancas de grano fino Calizas marron claras a oscuras Areniscas duras gris claras, lullos y limolitas verde amarillentas.
			Formacion Socotani			Lullos gris oscuros o negruzcos. Areniscas cuarcíticas gris pardas
		Inferior	Formacion Chacabale	Formacion Relada		Calizas grises con núcleos de arcilla Derrames andesíticos y brechas volcánicas ríolitas con intercalaciones sedimentarias
			Formacion Junera			Calizas grises, lullos, areniscas, conglomerados.
Triásico		Superior				Secuencia volcánica andesítica
Paleozoica		Devónico	Inferior	Grupo Caballita		Dico. ang.
						Dico. ang.
Proterozoico			Complejo Basal de la Cordillera		Onix y granitos potásicos metamorfizados, intrusiones tonalíticas granodioríticas.	

Mapa N° 2: Ubicación en contexto geológico regional



Fuente INGEMMET: Elaboración propia

3.2.2 Geomorfología regional

INGEMET en sus estudios ha identificado siete unidades geomorfológicas: Faja Litoral, Cordillera de la Costa, planicies Costaneras, delta Yarada, valle y terraza, ladera oeste de la Cordillera Occidental y cordillera Occidental propiamente dicha, a estas unidades geomorfológicas agregamos la unidad local conocida como superficie Huayllillas.

3.2.2.1.- Faja litoral

La faja litoral corresponde al relieve llano que se extiende desde la línea de costa hasta los 50 msnm. Presenta un ancho de menos de 1 Km en las pampas de Yarada, disminuyendo hacia el noroeste, donde se desarrolla la cadena de montañas de la cordillera de la costa.

La faja litoral comprende las actuales playas y antiguos niveles costeros (terrazas marinas), conformados por materiales como arenas eólicas, arenas y conglomerados bioclásticos de origen marino, y pequeños niveles de evaporitas.

3.2.2.2.- Cordillera de la costa

La Cordillera de la Costa es una faja con anchos variables que modelan el litoral sur del Perú y norte de Chile. Después de una interrupción abrupta en el morro de Arica para dar paso a planicie costero de 40km, nuevamente comienza a manifestarse en el cuadrángulo de la Yarada como una zona elevada al Este de centro poblado de Boca del Río, en el sector de cerro Los Pabellones donde los cerros alcanzan a medir entre 250 y 300 m hasta la quebrada de boca del río Sama. A partir de esta sector hasta río Locumba que nuevamente se ve cortada gradualmente gana altura los cerros como el morro Sama como el más alto del sector con 750 m y está caracterizada por presentar farallones localmente muy pronunciados, conformando en conjunto a lo largo de la línea de la costa una serie de acantilados bien localizados.

3.2.2.3 Planicies costaneras

Las planicies costaneras se presentan a manera de una faja alargada en dirección NO-SE. Tienen ancho promedio de 55 km y altitudes que varían entre 400 msnm por el sector que limita con la cordillera costera y 1300 msnm por el sector de incisión de la pre cordillera occidental. La pendiente regional varía entre 0,5% - 1% de gradiente. Las Planicies Costaneras limitan por el norte con las montañas que conforman la ladera oeste de la cordillera Occidental correspondiente al trazo de la falla caliente; por el sur limita con la Cordillera de la Costa por el sector de Boca del Río y Sama; por el lado Este su continuidad se ve limitada con la aparición de la superficie Huaylillas antes del valle Caplina y por el Oeste la continuidad es sin interrupciones salvo insesiones y quebradas convertidos en valles como la de Sama.

Esta superficie formada por acumulación de sedimentos aluviales y derrames lávicos, constituyen un recurso importante para la ampliación de frontera agrícola y pecuaria si se explota los acuíferos subterráneos; como las Pampas Hospicio y Sama – Quebradilla.

3.2.2.4 Delta Yarada

En los estudios generalmente consideran como planicie costanera, sin embargo por la ecología e hidrología la denominamos Delta Yarada; muchos conocemos por pampas de la Yarada donde actualmente se desarrolla la actividad agropecuaria intensa debido a que la hidrogeología de la zona es apropiado para la explotación de aguas subterráneas aptos para la agricultura incluso para consumo humano; sin embargo la sobreexplotación está ocasionando la invasión en zonas cercanas al mar, por lo que se requiere nuevas alternativas de uso del agua como por ejemplo cultivos que requieran poca agua.

3.2.2.5 Ladera oeste de la cordillera occidental

Esta unidad geomorfológica es un segmento pre Cordillera Occidental consiste en una cadena de montañas divididas de las planicies costaneras por una serie de cerros que conforman el importante accidente geomorfológico producido por la actividad de la Falla Calientes. Este cambio geomorfológico es apreciable por el sector del cerro Pirámide y el cerro el Cuervo. La elevación mínima es de 1300 msnm por el sector de calientes y chuscuco en el cuadrángulo de pachia y La máxima es de 4180 msnm en el cerro Peña chica ubicada en el cuadrángulo de Huaylillas cerca la frontera con Chile. Este dominio geomorfológico presenta pendientes moderadas a fuertes, cortadas por profundos valles en forma de “v” producto de la acción erosiva de las escasas precipitaciones pluviales locales y las lluvias intensas en la cordillera Occidental. Los principales ríos que atraviesan a través de la ladera oeste de la Cordillera Occidental son Sama y Caplina que discurren en la dirección promedio NE a SO.

3.2.2.6. Superficie Huaylillas

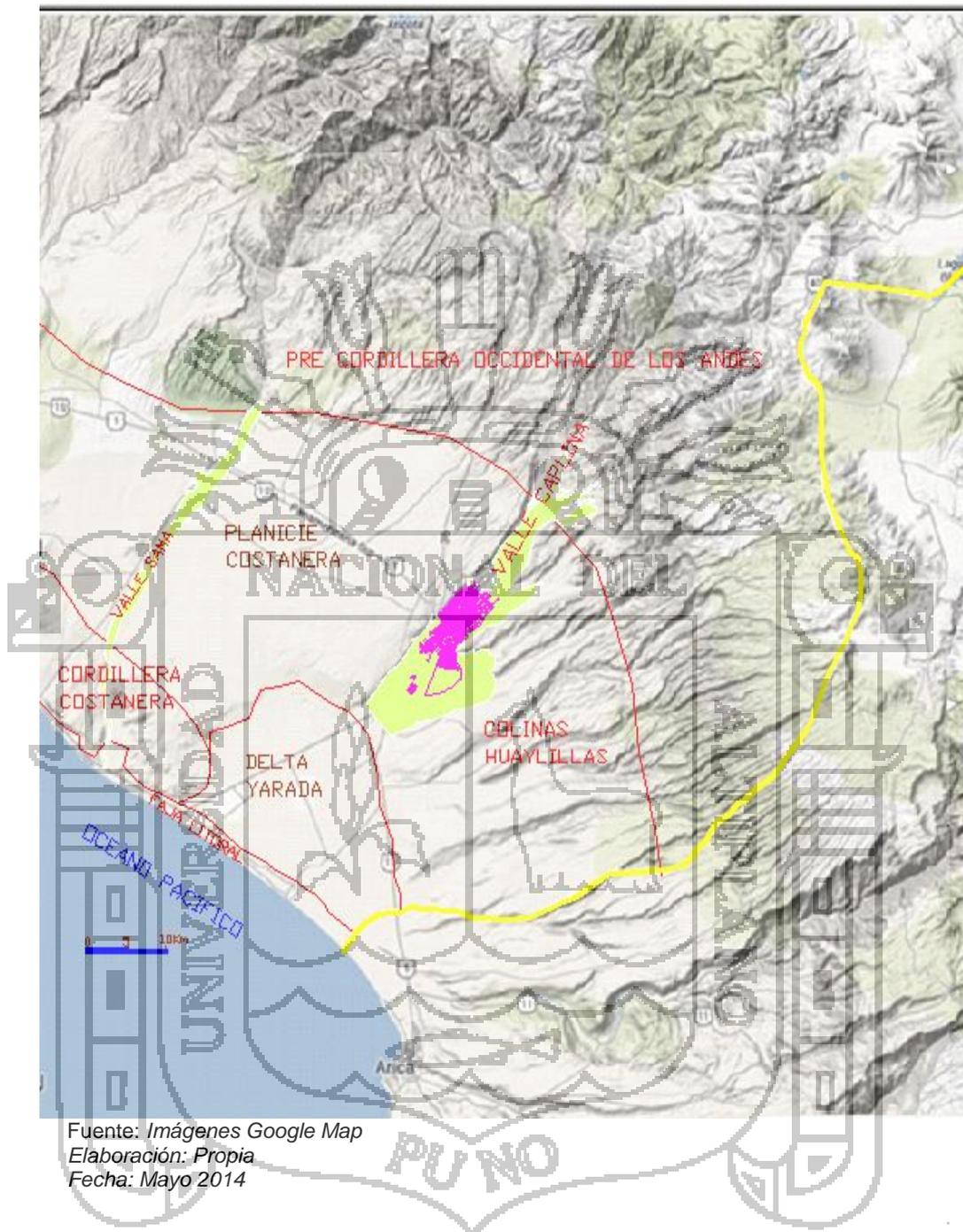
La superficie Huaylillas representa una importante unidad geomorfológica que obedece principalmente a criterios de geoformas y no a criterios de altitud o posesión espacial. La superficie Huaylillas ha sido conservada en gran parte hasta la actualidad, probablemente, por la poca erosión registrada en la zona a consecuencia de las escasas lluvias registradas.

Se considera como superficie Huaylillas a la acumulación sucesiva de importantes espesores de tobas y flujos piro clástico, presente a lo largo de las cadenas montañosas, la cuenca Moquegua y valles que debido a su extensión y espesor llegan a considerarse como una unidad geomorfológica importante. Esta superficie presenta un relieve ondulado y rugoso, con pendientes que varían entre 7 y 10% con tendencia

al suroeste (Wilson y Garcia, 1962). Estos depósitos registran una importante actividad volcánica suscitada en el pasado y se presentan a manera de mesetas posicionadas sobre montañas y valles más jóvenes formados por la acción hídrica que erosionaron estas tobas hasta lograr exhumar los paleo relieves que existían antes de la deposición de este gran evento volcánico.

3.2.2.7 Valles y terrazas

Las quebradas Locumba, Sama, Caplina, Cobani y Tembladera tienen dirección general suroeste y son las más importantes en la zona de estudio. Sus nacientes se hallan en la Cordillera Occidental y atraviesan la vertiente oeste de la Cordillera Occidental creando incisiones profundas en forma "V". A lo largo de su recorrido estos valles presentan laderas con pendientes fuertes, pero cerca al límite con las pampas costaneras los valles se convierten en quebradas amplias y de suave pendiente. Uno de los valles más importantes corresponde al río Caplina, que típicamente muestra un lecho plano cada vez más amplio conforme hace su recorrido y erosiona parte de las pampas costaneras formando una llanura de inundación con un ancho de 4.5 km por el sector de la ciudad de Tacna, además de estar delimitado a ambos lados por laderas con pendientes moderadas y alturas variables. Este valle llega al mar, donde desemboca en forma de abanico con más de 35 km de ancho; asimismo, en este mismo lugar desembocan los ríos Cobani y Tembladera.

Mapa N° 3: Ubicación Geomorfológica de la ciudad de Tacna

3.2.3 Geología Estructural

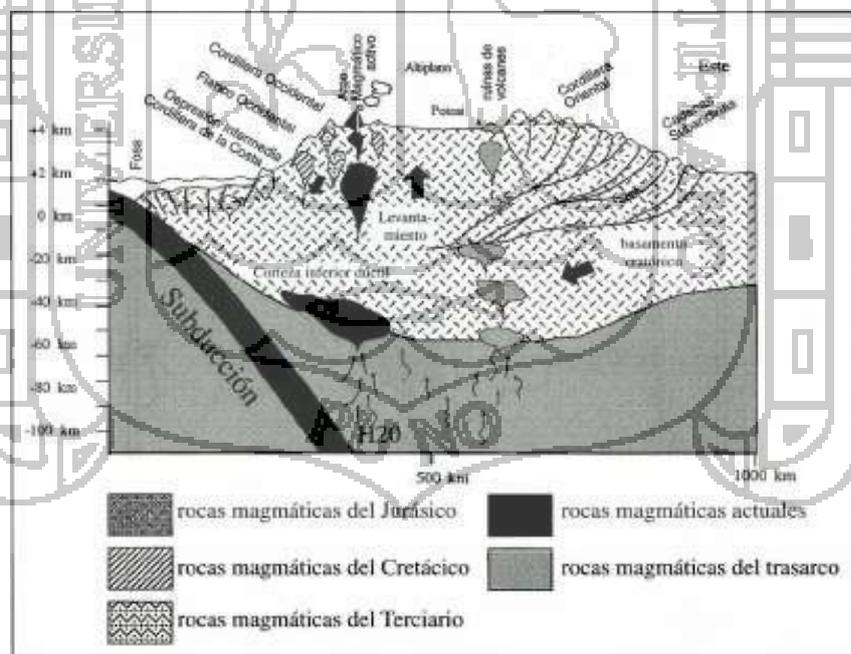
La variedad de expresiones en la región sur del Perú, es parte de la respuesta a una dinámica de la Tierra a través del tiempo geológico, favoreciendo la formación de rasgos de escala continental, que en el proceso genera accidentes en la superficie,

llegando a conformar bloques regionales con características muy particulares. Esta dinámica y sus repercusiones implican actividad tectónica, que en sentido estricto significa construir (Dolgoft, 1998), y geológicamente se refiere a la construcción de rasgos a nivel de la corteza.

A continuación se describe evidencias de estructuras y fallas presentes en la zona:

Cadena Andina. Es una cordillera que ha sido formada como producto del proceso de compresión de la placa de Nazca y la placa Sudamericana en diferentes eventos tectónicos. Esta cordillera se distribuye en el Perú de norte a sur, alcanzando un ancho de 50 Km. aproximadamente en las regiones norte y centro, y hasta 300 Km. en la región sur. Presenta un rumbo promedio noroeste-sureste, aunque a la altura de la latitud 13° S se orienta con dirección sur-oeste como consecuencia de la llamada deflexión de Abancay.

Figura: Sección transversal de los Andes Centrales



Fuente: introducción a la Geología y Morfología de los Andes en el Norte de Chile (Chungara - volumen 30, N°1, 1998)

En la sección transversal de los Andes Centrales a la altura de Arica ilustra la posible causa de la orogénesis andina. Con la constante inyección de magma, el margen

continental se hizo dúctil, de tal modo, que el Escudo Brasileño frío pudo introducirse desde el este en la corteza inferior, levantando así la corteza superior del margen continental. Como consecuencia del levantamiento se originaron en el oeste espectaculares dislocaciones verticales, mientras que en el este ocurrió un derrame de mantos tectónicos apilados sobre el ante país de la Cordillera. El dibujo no está a escala.(Recopilación)

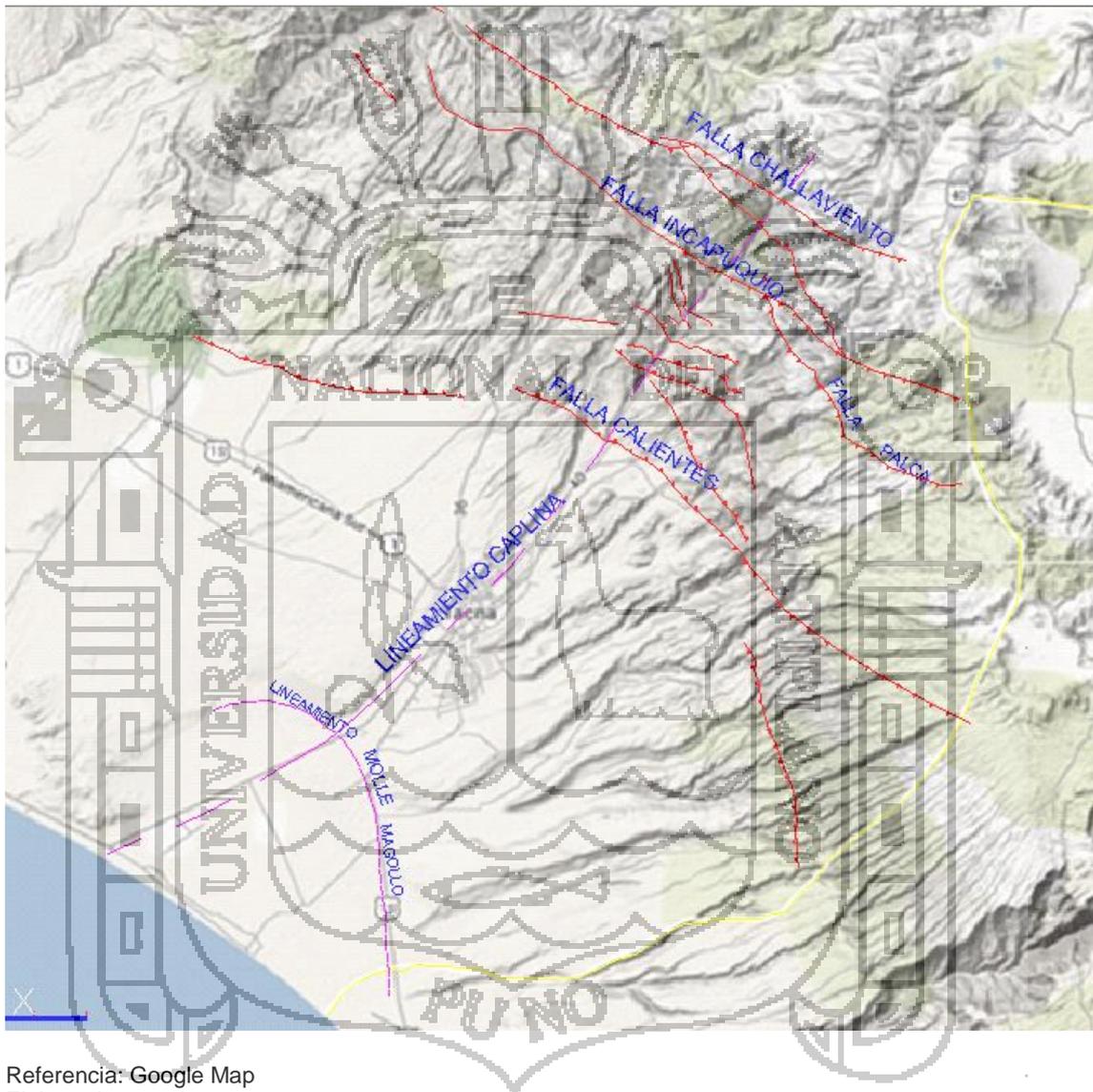
Sistemas de Fallas. Los diferentes sistemas de fallas que ocurren en la zona continental se han formado como un efecto secundario de la colisión de las placas de Nazca y Sudamericana. Este proceso generó el desarrollo de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre. Los sistemas de fallas mayormente se localizan en el altiplano y en la región subandina, también en los pies de las cordilleras y entre los límites de la Cordillera Occidental y la zona costera.

La falla Incapuquio clasificada como de tipo transcurrente por WILSON Y GARCIA (1962) tiene desarrollo regional. Esta reconocida y mapeada desde la frontera con Chile hasta el valle del Tambo, en una distancia cerca de 140 km.

La estructura más importante la constituye el sistema de falla Incapuquio (Vicente et al., 1979; Jacay et al., 2002), cuya actividad tectónica probablemente controló el levantamiento del Altiplano durante el Cenozoico separándola del Piedemonte del Pacífico. Su traza superficial de N 40° O está bien definida aunque segmentada en varios tramos que se solapan entre sí, puede seguirse desde la frontera con Chile hasta las proximidades de Pausa (Ayacucho) presentando numerosas fallas secundarias que lo acompañan predominando las fallas paralelas a las subparalelas E-O. A lo largo de su traza se han identificado numerosos indicios de actividad neotectónica cuaternaria (Sebrier et al, 1985), siendo su edad difícil de precisar. Asimismo el carácter volcánico de la franja sur, en contacto con una placa

subductante, sugieren una zona con fuerte influencia sísmica durante todo el Cuaternario.

Figura N° 5: Sistema de Fallas Incapuquio y Lineamientos



Referencia: Google Map
Elaboracion propia

Sistema de fallas Incapuquio

Lineamiento Caplina

No hay mucha información sobre esta falla, sin embargo por la geoforma del valle se desprende que existe esta falla normal que ha dado lugar al valle Caplina, no cabe pensar que fue producto de la acción erosiva de río teniendo en cuenta además el área de la cuenca es muy inferior que los demás como por ejemplo la cuenca sama.

Esta falla podría estar influyendo en la actividad sísmica local ya sea como atenuante o expansivo por revote de las ondas sísmicas, dependiendo en qué lado ocurre el epicentro,

Una de las evidencias o geo-indicadores es la manifestación de aguas termales en la intersección con la falla caliente ubicada en sector llamado precisamente caliente.

Lineamiento Magollo.

No hay mucha información sobre esta geo-forma, pero es evidente que sea la causa que a ocasionado interrupción en la continuidad física de la cordillera de la costa entre Arica y cerro Llostay, en este tramo están actualmente la pampas la Yarada, los palos y Santa Rosa limeta con el vecino país de Chile

Zona Volcánica. En el Perú, la zona volcánica se localiza en la región sur de la Cordillera Occidental con conos volcánicos activos como los de Ampato, Coropuna, Paucarani, Misti, Ubinas, Sarasara, entre otros. Los volcanes que están en aparente inactivo más cercano a la ciudad de Tacna son: Tacora ubicado en territorio de Chile de última activada en 1930

La presencia de volcanes es peligro latente para los habitantes ubicados cerca o radio de influencia de la actividad volcánica. La ciudad de Tacna no está lejos del área de

influencia. Los geo-indicadores saltan a la vista, ahí está el volcán Ubinas manifestando presencia y otros podrían estar inactivos por momento, la pregunta es ¿qué está ocurriendo en el interior de la tierra? , ¿Será que ya no hay actividad magmática después de haberse liberado hace miles de años?

Foto N° 4: Volcán Ubinas en plena manifestación fecha 10/09/2013: Vista panorámica desde centro poblado de Ubinas.-



Dorsal de Nazca. Es una cordillera que se localiza en el océano Pacífico entre las latitudes 15° S y 19° S. La estructura de la dorsal es producto de un proceso de distensión de la corteza oceánica y se estima que su formación tiene una edad de 5 a 10 millones de años. Esta dorsal tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica de la parte occidental del continente, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de otros rasgos tectónicos. En la parte oceánica, la dorsal de Nazca divide la fosa Oceánica en la fosa de Lima y la Fosa de Arica

Figura N° 6: Dorsal de Nazca



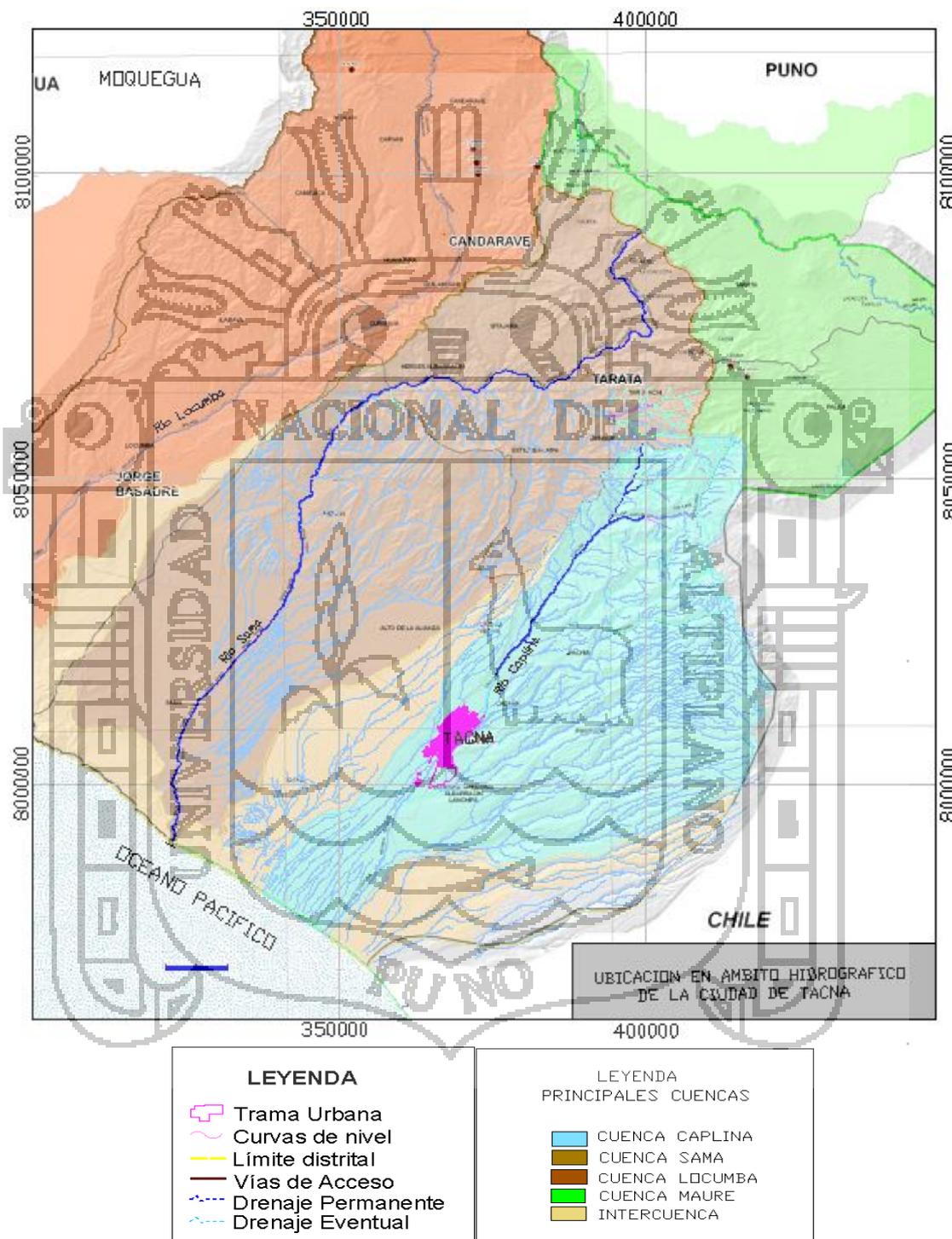
3.2.4 Hidrogeología

El Departamento de Tacna se caracteriza por la extrema escasez del sistema hídrico y por la acentuada aridez de su suelo. Las únicas fuentes superficiales con que cuenta el Departamento están constituidas por las cuencas de los ríos Caplina, Uchusuma, Sama y Locumba, cuya oferta en total suman $12,10 \text{ m}^3/\text{seg}$. Además, se vienen explotando recursos hídricos subterráneos ($2,896 \text{ m}^3/\text{seg}$) en la Yarada, así como en las Pampas del Ayro, Maure y otras zonas alto andinas.

Respecto a las cuencas, la Cordillera de los Andes define dos vertientes: la del Pacífico y la del Titicaca; en la primera se desplaza de NO-SO, en la segunda lo hace en la dirección NO y SE. El departamento de Tacna es una de las zonas más áridas del país, por lo que se busca el aprovechamiento alternativo de las aguas subterráneas constituyéndose un uso conjunto del recurso hídrico. A su vez, la variabilidad de las descargas de los ríos en región es muy baja frente a nivel nacional

es decir en la costa, así el río Sama presenta la mayor variabilidad estacional con un rango de descargas de más de 110.00 m³/s.

Mapa N° 4: Cuencas Hidrográficas y su ubicación de la ciudad de Tacna



3.3. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Existen importantes contrastes de origen geológico en la ciudad, especialmente si se consideran las expresiones geomorfológicas, las asociaciones y relaciones litológicas, los arreglos geológico-estructurales y la antigüedad de los materiales expuestos. Cada uno de estos aspectos responde de manera particular a los diferentes agentes que los afectan, pero cuando estos agentes se conjuntan o rebasan la condición promedio de manifestación, pueden generar escenarios muy delicados.

3.3.1 Litología y Estratigrafía

Al referirse a litología de una zona en particular, tradicionalmente se hace referencia al tipo de material natural que es visible (suelo o roca), sin embargo también es importante conocer, en la medida de lo posible, que orden interno guardan esos materiales, así como su distribución, interrelaciones, propiedades y características distintivas; todos materia de estudio de la estratigrafía.

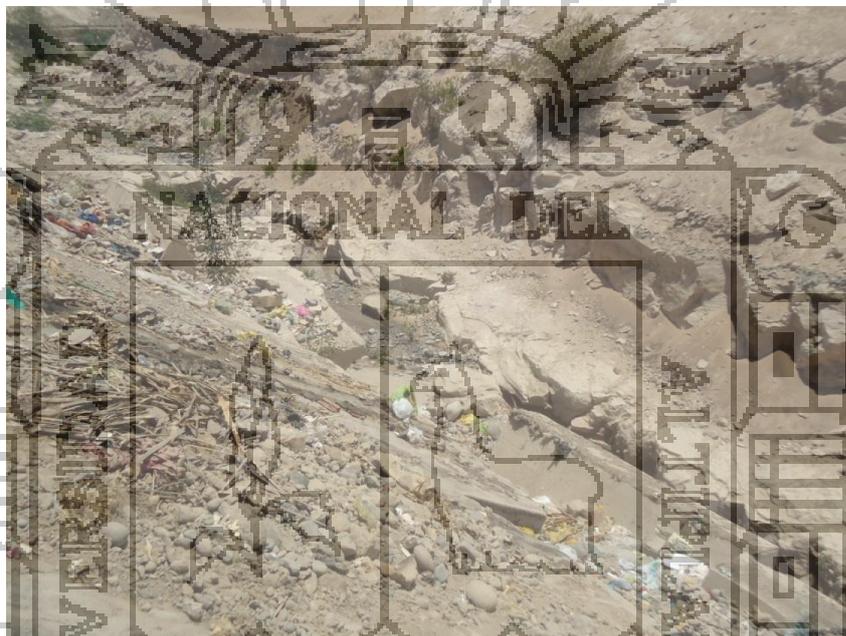
EL conocimiento de las características, la distribución en tiempo y espacio de la litología de los diversos tipos de formaciones geológicas, facilita la identificación del tipo de rocas y suelos sobre el que se establecen los diferentes asentamientos humanos.

En la zona urbana y alrededores afloran pocas formaciones apreciables en vista que están cubiertos por depósitos eólicos como residuales, sin embargo en los cortes de carretera de acceso en las laderas del cerro Arunta y Inteorco se puede visualizar algunas formaciones y una compleja secuencia de depósitos de vertiente, con edades desde Terciario Tardío hasta Cuaternario reciente.

3.3.1.1 Formación Moquegua Superior (T Mo_s)

La mayor parte de los afloramientos están cubiertos por depósitos cuaternarios recientes de ladera y solo se les puede apreciar en los cortes de carretera del Cerro Arunta y en el cauce del río Caplina en la zona denominado curva del diablo. De esta manera, se hace difícil determinar su extensión en Tacna y alrededores.

Foto N° 5: En la quebrada Arunta se aprecia erosionado por el río. La formación Moquegua superior



3.3.1.2 Formación Huaylillas (T_Hy)

La mayor exposición de los afloramientos de esta formación se halla ubicada en los cortes de las carreteras del Cerro Arunta, Cerro Intiorko y cerros ubicados al Nor-Oeste de la irrigación Alto Magollo. Igualmente se la puede apreciar en la cascada de la Quebrada Caramolle, ubicada en la parte alta del Distrito Ciudad Nueva

Esta formación se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior en discordancia paralela, y consiste básicamente de rocas volcánicas que corresponden a depósitos piroclásticos con cierta diferencia en su color y textura.

Suprayaciendo a la Formación Huaylillas se encuentra una unidad conglomerádica, a manera de una terraza colgada antigua, que se distingue por su definida estructura clásica y color gris oscuro. Recientemente, en 2004 se le ha reportado como Unidad Magollo (A. Flores, 2004)

La Formación Huaylillas, en el corte de la carretera que sale del Cuartel Tarapacá se ha podido notar tres miembros, los cuales se describen de la base hacia el tope:

1. Ignimbritas friables de color crema que varían entre 3 y 15 m. de espesor; contienen abundante pómez y líticos en la base, los cuales gradan a una toba con mayor contenido de matriz de ceniza color rosada salmón. Este paquete presenta una intercalación de una secuencia fluvial de unos 1.2 m. aproximadamente.
2. Ignimbrita violácea muy compacta de aspecto macizo de 12 a 23 m. de espesor, conformada principalmente por pómez, cuarzo, vidrio y biotitas.
3. Ignimbrita blanca de grano fino con cristales de cuarzo de 2 a 6 m. de potencia.

En corte se puede apreciar claramente el primer miembro (Foto N°6). Se puede notar que el miembro inferior presenta tonalidades blancas que gradan a rosado salmón y se presentan en estado friable; estas Ignimbritas presentan una capa de areniscas tufáceas de 30 cm. color marrón oscuro. Así mismo, se aprecia en el tope la Ignimbrita violácea muy resistente a la erosión. Aparentemente el tercer miembro, conformado por la Ignimbrita blanca de grano fino, ha sido completamente erosionado.

Foto N° 6

Corte realizado por particulares ubicado cerca al Asentamiento Humano San Pedro en el Distrito Alto de la Alianza



3.3.1.3 Unidad Conglomerádica (Q_Uc)

Esta unidad se encuentra suprayaciendo a la Formación Huaylillas, a manera de una terraza colgada antigua, y se le puede distinguir por su tonalidad gris oscura que cubre parcialmente los cerros de la ciudad de Tacna. Tiene un espesor aproximado de 30 m. Se puede notar que de la base al tope existe una disminución del tamaño de grano en general, comenzando con conglomerados y areniscas de grano grueso y fino.

**Foto N° 7: Contacto entre Cuaternario Q_Uc y Formación Huaylillas T_Hy,
Ubicación: E 366597, N 8010053**



En el corte de la carretera que conduce al Monumento de los Héroes Caídos en el Alto de la Alianza, se puede notar que esta unidad está definida claramente por tres secuencias:

La primera corresponde a secuencias de canales efímeros formada por depósitos residuales de conglomerados que gradan hacia arenas gruesas. El conjunto presenta una secuencia gris clara y tiene un espesor de 4 m. A continuación una segunda secuencia de 12 m. aproximadamente, formada por arenas gruesas de color gris oscuro, con intercalaciones de capas de conglomerados de hasta 20 cm. La tercera secuencia tiene 10 m. aproximadamente y corresponde a un evento de actividad volcánica formada por intercalaciones de 50 cm. de arenas Tufáceas de tonalidades verdes con Ignimbritas cremas de Lapilli.

3.3.1.4 Depósitos de Cenizas Volcánicas (Q_ ce)

Al Nor-Este de la ciudad de Tacna se encuentran grandes depósitos de cenizas volcánicas que ocupan los distritos de Pocollay y Calana. Al parecer estos depósitos conformaban una sola capa que rellenaba el Valle de Tacna antiguamente, la cual fue erosionada parcialmente por el Río Caplina, quedando en la actualidad lomas con formas de grandes lenguas a lo largo del valle.

Tienen una tonalidad rosada (Foto 08) y contienen abundante pómez y fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas.

En los distritos de Alto de Alianza y Ciudad Nueva los depósitos de ceniza volcánica afloran parcialmente y se encuentran debajo de los depósitos aluviales e interdigitada con los depósitos diluviales de la ladera del Cerro Intiorco, extendiéndose hasta C.P.M. La Esperanza.

Foto N° 8: Corte Terraplén hechas en Depósitos Volcánicos para construcción de viviendas



3.3.1.5 Depósitos Aluviales (Q_{al})

Los depósitos aluviales en el valle de Tacna, están cubriendo las quebradas Caramolle, El Diablo, Malos Nombres y Viñani. Están compuestos por horizontes de arenas con Limos marrón claro más o menos compactadas. Los depósitos aluviales en la Quebrada Caramolle, presentan además capas de 20 cm. de flujos de barro con clastos de Ignimbritas. En este tipo de depósitos se halla asentado el Cono Norte, distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, donde se encuentran la Urb. La Florida, el Centro Comercial La Rotonda, el Mercado Grau y el Terminal Terrestre. En el Cono Norte cuentan con un espesor aproximado de 3 m., los cuales están cubriendo el depósito de cenizas volcánicas.

Estos depósitos aluviales por sectores en el Cono Norte presentan contenido de sales y sulfatos, las cuales se encuentran aglutinando las arenas en terrones y formando lentes de 30 - 50 cm. Muy compactos y competentes (en estado seco) conocidos como "caliche".

3.3.1.6 Depósitos Fluviales (Q_{fl})

Dentro de los depósitos cuaternarios se consideran depósitos fluviales a aquellos formados por las corrientes de los ríos. Se ubican a lo largo del Valle del Río Caplina, el cual ha definido claramente depósitos de canal y depósitos de llanura de inundación.

Los depósitos fluviales de canal (Q_{fl_c}) son aquellos que definen el curso de los ríos, están conformados principalmente de gravas y guijarros con relleno arenoso. Con la ayuda de fotografías aéreas y excavación de calicatas se pudo definir su extensión. Se pudo notar que su mayor desarrollo se extiende a lo largo del distrito Gregorio Albarracín (Cono Sur), donde parte de ellos, son explotados como agregados para construcción. En el distrito de Tacna estos depósitos ocupan parte del cauce antiguo de la Quebrada Caramolle, donde en la actualidad se encuentra la Av. Leguía.

Foto N° 9: Deposito de Limos y Arcillas en cause Caplina



Los depósitos de llanura de inundación (Q_{fl_l}) se forman en períodos de crecida de los ríos, los cuales desbordan el canal, inundando sus márgenes a grandes distancias y depositando sedimentos finos que lleva en suspensión en grandes playas. Los

sedimentos están formados por limos y arcillas cremas. Gran parte del Distrito de Tacna se halla asentado en este tipo de depósitos, alcanzando en algunos lugares espesores mayores de 2 m. (Foto 09). En la actualidad parte de ellos son ocupados por terrenos de cultivo, tanto en el C.P.M. La Natividad como en el distrito de Tacna.

3.3.1.7 Depósitos Diluviales (Q_de)

Estos depósitos se forman por la erosión de suelos, gravedad y viento, y comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de Ignimbritas soldadas violáceas de la Formación Huaylillas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros. Estos suelos alcanzan hasta 2 m. de espesor y en algunos casos están descansando sobre una secuencia residual de areniscas grises de la Formación Moquegua.

Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Estos suelos presentan tonalidades rosadas y marrón claras y tienen alto contenido de sales y sulfatos.

3.3.1.8 Depósitos Antropogénicos (Q_an)

Dentro de este tipo de depósitos están incluidos aquellos generados por el hombre y están formados por desmonte (Q_an_d) y basurales (Q_an_b). Se encuentran repartidos mayormente en el Cono Norte, Cono Sur y el distrito de Pocollay, así como a lo largo de la Quebrada del Diablo.

Los depósitos de desmonte están representados por escombros de viviendas, y canteras abandonadas de Ignimbritas de la Formación Huaylillas, mientras que en los depósitos de basura se consideran además los antiguos botaderos municipales.

Los depósitos de desmonte se presentan mayormente con geometrías lingüiformes que en algunos casos están rellendo antiguos cauces, como sucede en el Cono Norte. Sus dimensiones varían de 20 a 100 m. de ancho por 300 hasta 1000 m. de extensión. Sin embargo, en otros casos estos depósitos han sido arrojados en extensos descampados, donde posteriormente han sido nivelados, como se puede apreciar en el Parque Industrial de la ciudad (Foto 09). Se pudo notar que la urbanización La Florida, ubicada a la salida de Tacna, se halla asentada en su totalidad sobre este tipo de depósitos, los cuales han relleno parcialmente la Quebrada del Diablo. De igual forma, en el Cerro Intiorko se puede apreciar depósitos de canteras abandonadas de Ignimbritas.

Los depósitos de basura se hallan localizados a lo largo de la Quebrada del Diablo, la cual ha servido como Botadero Municipal por mucho tiempo.

3.3.2 Geomorfología

La Geomorfología como ciencia que estudia el paisaje y su desarrollo permite realizar una evaluación de las características superficiales de los terrenos y de los procesos morfo dinámicos que los afectan y modelan. Por ello una aproximación geomorfológica al polígono de interés es un paso obligado en el entendimiento de su génesis y para la evaluación de la actividad superficial del pasado y presente. Todo ello tendiente a un mejor dimensionamiento de las potencialidades del suelo en cuanto a su utilización urbanística racional en el presente y a largo plazo.

La zona de estudio se encuentra enmarcada en un contexto geomorfológico que corresponde a las pampas costaneras y Valle, donde la dinámica, los procesos superficiales y sus reformas resultantes están controladas por: la erosión, el modelado de las corrientes, la gravedad (movimiento en masa) y la depositación. Adicionalmente, estas vertientes desde el pasado geológico han estado ubicadas, en

una zona tropical húmeda, lo que le confiere unas características muy particulares, tales como una agresiva tasa de meteorización química y la ocurrencia de eventos climáticos extremos muy concentrados en el tiempo (lluvias) que impactan y transforman abruptamente el paisaje.

Teniendo en cuenta que uno de los principales objetivos del presente estudio es establecer un marco dinámico de la zona de estudio, se determinó construir un mapa geomorfológico cuyo eje conceptual central tuviese que ver con los procesos generadores de los diferentes rasgos geomorfológicos y no solo los parámetros morfo métricos de relieve. Estos procesos, en caso de estar aún activos, muestran las reales potencialidades del territorio o sus limitaciones. Bajo este enfoque se identificaron las siguientes unidades.

3.3.2.1 Unidad de Colinas y Lomos Altos (superficie Huaylillas) (Hy)

En el sector norte de la ciudad la superficie de cerro Inteorco se presenta una de topografía moderada, forma grandes llanuras denominadas Planicies del Huaylillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada – marrón clara. En cambio en el sector sur la ciudad se presenta zona de topografía abrupta, localmente escarpada, constituida por cerros como Arunta de tope estrecho y redondeado que descienden en dirección E-W. Además, el efecto erosivo de las corrientes por grandes periodos de tiempo ha generado quebradas profundamente incisadas con flancos largos, regulares empinados y cóncavos. Estos lomos están desarrollados en su totalidad sobre la Formación Huaylillas.

3.3.2.2 Unidad de Laderas (La)

Esta unidad corresponde a la franja de terreno caracterizada por pendientes escarpadas y localmente empinadas. Representa una especie de escalón en la

vertiente, de unos 100-150 m de altura, con pendientes que fluctúan entre 40% y 64% y están cubiertas por depósitos diluviales. Su génesis está relacionada con el avance remontante del frente erosivo del río Caplina y Uchusuma.

Foto N° 10: Ingreso a Tacna Viviendas precarias en ladera

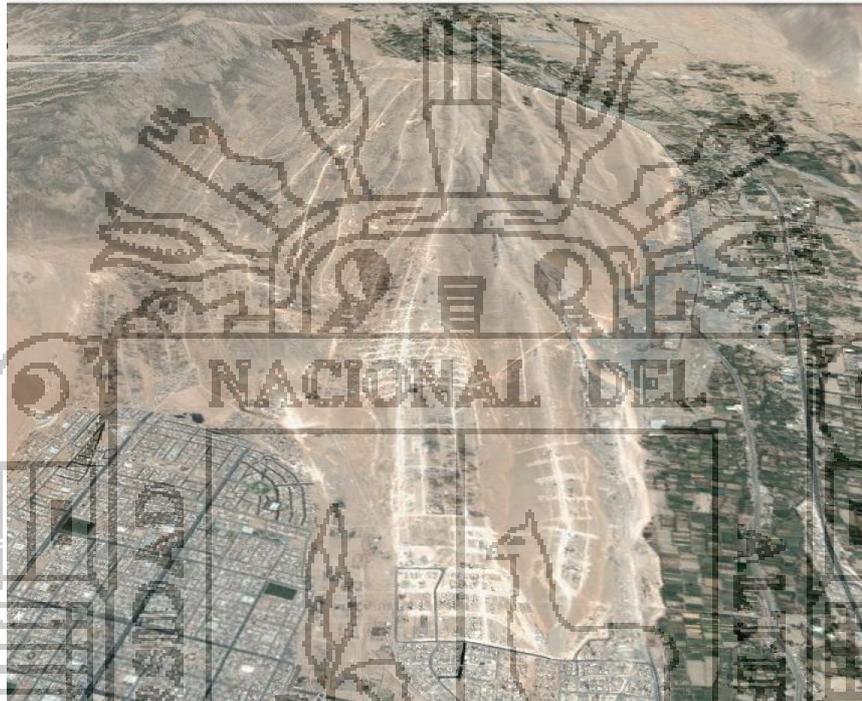


3.3.2.3 Unidad de Lomos Bajos

El conjunto de la ciudad se encuentra emplazada en las terrazas fluviales de la llanura de inundación del río Caplina, y en terrazas aluviales antiguas de un curso anterior al actual. Así, la zona del Cono Norte, que comprende los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, se encuentra en las terrazas antiguas citadas, encontrándose por tanto, a mayor altura que el centro de la ciudad; de igual manera en distrito Pocollay el centro poblado capital se encuentra sobre una loma de Formación Ceniza volcánica que no fue erosionado en su totalidad por río Caplina ni por río Uchusuma. Presenta un drenaje paralelo al valle principal formando lomos de dimensiones, altura y con pendientes suaves a moderadas hacia los toques y empinadas en los flancos. Estos

lomos en general exhiben topes cortos y redondeados, separados por drenaje con causes antiguos de incisión moderada, las cuales en conjunto se ha desarrollado sobre suelos residuales de origen volcánico.

Figura N° 7: Deposito de ceniza volcánica no erosionada por rio caplina posible área de expansión urbana



Los depósitos de ceniza volcánica se extienden a manera de lomas en el valle formando lenguas longitudinales. Estos depósitos presentan un drenaje sub-paralelo de dirección Nor-Este Sur- Oeste que desemboca en el cauce antiguo de la Quebrada Caramolle. En la actualidad, los cauces antiguos de estos depósitos son depresiones por donde circula el tráfico vehicular regular, así como la sima de las lomas están proyectadas para vías de tránsito.

3.3.2.4 Unidad de Valle

Compuesta por depósitos pluviales y depósitos aluviales, esta unidad tiene los valores de pendientes más bajos (menores a 10°). La ciudad capital y centro poblado de cono sur se encuentran emplazadas sobre esta terraza fluvial de los ríos conformantes del

valle Caplina, lógicamente por la misma dinámica de estos ríos en diferentes tiempos y espacio la característica litológica del suelo es variado desde depósitos de material grueso a fino y volumen.

Figura N° 8: Vista panorámica de Valle Caplina y la Ciudad de Tacna



Existe otro pequeños valles formados por quebradas tributarios a río Caplina, al sur de la Ciudad en distrito Gregorio Albarracín Lanchipa como el que se ubica entre los límites entre distrito Ciudad Nueva y Pocollay a los cuales denominamos **terrazas aluviales resientes** los cuales están ocupados por asentamientos humanos informales; en el cono sur se nota claramente la diferencia de nivel negativa frente a la deposito aluvial de los ríos Caplina y Uchusuma que llegaron a cubrir parte del cono aluvial de las dos quebradas de Arunta y Viñani. En estas quebradas o vertientes accesorias, existen evidencias de flujos de detritos relacionados a eventos excepcionales.

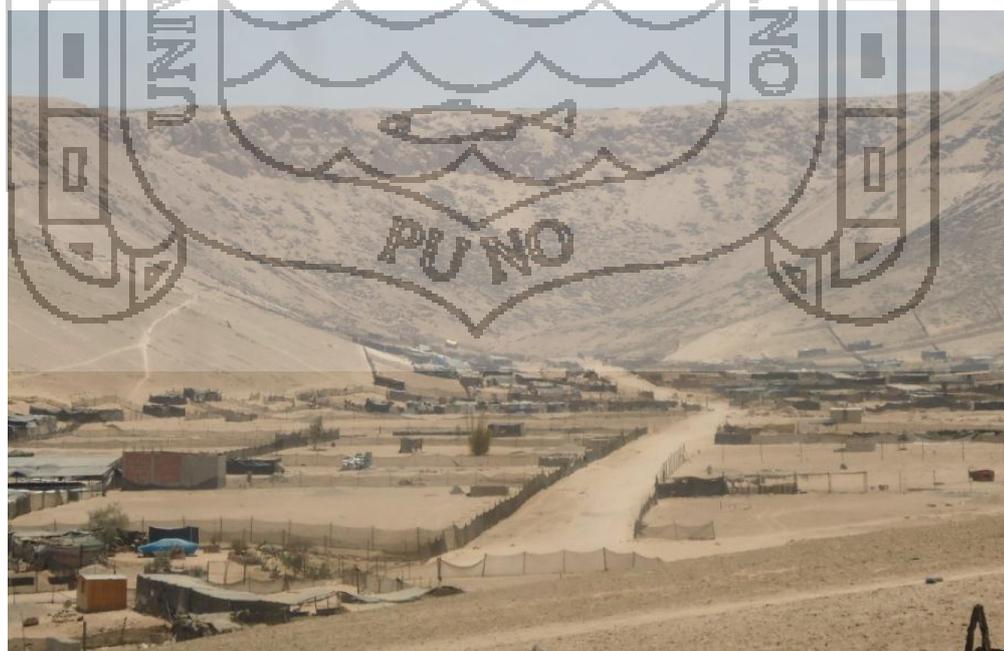
En la Quebrada Caramolle (foto 11..) se ha podido notar que su último evento aluvial ha cortado y cubierto el depósito de cenizas volcánicas, dejando un canal de hasta 50

m. de ancho, donde se halla asentado parte del distrito de Ciudad Nueva en el Cono Norte. En el punto donde cambia su dirección al Valle, está quebrada presenta una cascada con un salto de 25 m. aproximadamente.

Figura N° 9: Pequeños valles formados por quebradas Arunta y Viñani



Foto N° 11: Avance de Asentamientos Humanos en la quebrada caramolle



A lo largo de la Quebrada del Diablo, en el tramo que está por desembocar al Valle de Tacna (IMAGEN N°10), se pueden observar dos cascadas escalonadas entre si y distantes a 1500 m. Ambas tienen un salto de aproximadamente 8 m y han servido de botadero municipal por largo tiempo.

Figura N° 10: Quebrada del Diablo



Ya en la desembocadura, con la ayuda de fotografías aéreas, se pudo identificar el cono aluvial. Posiblemente es producto de varios eventos lo cual no se puede determinar en vista que está ocupado por asentamientos humanos y equipamiento urbano y cortes hechos por las vías.

Figura N° 11: Cono aluvial formado en la desembocadura de quebrada del Diablo



En general los rasgos geomorfológicos de la ciudad de Tacna, reflejan por un lado el grado de intemperismo a que han sido sometidos los materiales característicos, y por otro los agentes de intemperismo que más han actuado. La Zona Valle refleja inmediatamente que ha sido producto de desgaste de materiales por acción de la corriente fluvial del río Caplina y Uchusuma, al mismo tiempo que es ocupada por materiales sueltos característicos, todo esto favorecido por la presencia de una falla geológica. Los cerros Arunta y Inteorko su topografía ondulante, los lomeríos cortados por abundantes escurrimientos, algunos alcanzando cortes de forma V profundo, son evidencia de la menor resistencia que los materiales han ofrecido a la transformación y desgaste; laderas con fuertes pendientes, facilita el arrastre de materiales separados de su fuente. Por otro lado la construcción de las dos carreteras de acceso a la ciudad de Tacna, más la ocupación de asentamientos humanos con apertura de calles y las edificaciones se han construido en terraplenes a manera de terrazas, dándole un aspecto escalonado. Justamente al cortar el talud natural del cerro y nivelar pequeñas superficies se ha realizado movimientos de tierra de corte y relleno, han colaborado al proceso de intemperismo y erosión que a la larga afectara la infraestructura urbana instalada.

3.4 FACTORES CONDICIONANTES PARA LA OCURRENCIA DE FENÓMENOS DE GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA

3.4.1 TECTÓNICA

Para el caso del Perú, las placas que interactúan son las de Nazca con la Continental, que se desplazan con sentidos opuestos a través del plano de Wadati Benioff. En el Sur del Perú la placa oceánica de Nazca se está hundiendo debajo de la placa continental con una inclinación o buzamiento de 30° hacia el continente, alcanzando profundidades hasta de 300 Km. Este proceso es conocido como de subducción. La placa de Nazca se desliza por debajo de la placa continental de América del Sur, a una velocidad aproximada de 8 a 10 cm/año (Minster y Jordan, 1978). Este proceso

genera aproximadamente el 90% de los sismos que se registran en el Sur del Perú. A este tipo de sismos también se les conoce como sismos intraplacas, ya que ocurren en el límite entre placas.

La segunda zona sismo génica está relacionada con los reajustes corticales, donde los esfuerzos son de carácter tensional. Estos eventos ocurren a lo largo de fallas activas (ruptura de las rocas de la corteza terrestre) y tienen periodos de recurrencia cada mil años (L. Ocola: Deformación de la corteza terrestre en el Sur del Perú). Para el caso de Tacna se tienen dos fallas activas: la Falla Incapuquio (S-N) y la falla Challaviento en el Valle de Caplina. Los epicentros de las réplicas del terremoto ocurrido el 23-06-01, han coincidido con la falla regional Incapuquio, demostrando así su plena vigencia tectónica.

La tercera zona sismogénica está relacionado con la actividad Volcánica, que afecta directamente a los pueblos de Candarave y Tarata, por su proximidad al ambiente volcanogénico.

El sismo reciente del 23 de junio de 2001 y sus réplicas son ejemplos claros de los dos primeros tipos de sismos a los que está mayormente expuesta la población del sur del Perú. Siendo los originados en la zona de subducción los más drásticos.

Evidencias claras de la dinámica del encuentro de la placa Sudamericana y con la Placa de Nazca y la subducción de esta última han sido formadas la cadena andina y la fosa Perú – Chile, en diferentes épocas evolutivas y son responsables de la secuencia estratigráfica del departamento de Tacna, que presenta varias formaciones, que van desde las Intrusiones del Complejo Basal de la Costa, en el Pre cambriano, sin indicaciones del Paleozoico, pasando al Triásico Superior del Mesozoico, hasta el Cuaternario reciente. Han sido plegadas y levantadas. Afloran por acción de los movimientos orogénicos y epirogénicos, procesos endógenos que evidencian la fuerza

y actividad interna de la tierra y que han constituido los pliegues, fallas, horst y fosas tectónicas, emplazadas en las diversas formaciones. Muchos de estos hechos geológicos son visibles en las paredes o laderas de las quebradas o en los pisos costeños o interandinos. Más aún hay otros hechos que han quedado cubiertos por los depósitos aluviales, morrenicos y fluvioglaciares del Cuaternario.

La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en un marco tectónico regional conocido, sobre la ciudad no existe estudios serios por lo que se estima que posiblemente este rodeado de varias fallas locales, entre las que sobresalen es el falla Caliente. La relativa cercanía de la ciudad al sistema de fallas Incaquico hace necesario definir con mayor precisión las posibles fallas locales, su posible actividad neotectónica y su relación con algunos eventos de inestabilidad de vertientes que se están presentando al interior o en proximidades a la zona de expansión de Tacna.

Debido al mismo carácter y alcances de este estudio, se retomaron algunas descripciones del control estructural de la zona, realizado por otros autores haciendo énfasis en los rasgos geomorfológicos encontrados en el campo y en el análisis fotogeológico de la zona.

A continuación se hace una descripción geomorfológica de algunas estructuras geológicas que pueden tener alguna relación con la zona de expansión de Tacna.

Falla caliente. Corresponde a la traza del sistema Incaquico más cercana en Valle del Río Caplina, con dirección $N45^{\circ}O$ rasgo importante como control estructural entre pampa costanera y pre cordillera de los andes.

Lineamiento Caplina. Estructura de dirección aproximada $N40^{\circ}O$, que presenta como rasgos geomorfológicos los siguientes: saltos hidráulicos en la quebrada, tramos rectos, escarpes asociados a cicatrices de deslizamiento, el río Caplina ha desarrollado su drenaje dominante sobre este lineamiento.

Alineamiento el Diablo. De dirección N10°E; controla estructuralmente el curso de la quebrada del mismo nombre, lo cual amerita estudio de geología estructural.

Alineamiento Arunta y Viñani. Dirección N65°E; presenta como rasgos geomorfológicos el desarrollo de drenaje paralelo y profundo de las quebradas del mismo nombre.

3.4.2. GEOLOGÍA - GEOTÉCNIA

La geología y la geotecnia influyen en mayor o menor grado en la generación de diversos eventos de fenómenos naturales. Entre los factores de esta categoría se cuentan el tipo de depósito y el material que lo compone, su densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad; la litología de las rocas, su estructura, alteración y meteorización.

El tipo de depósito condiciona ciertas características en su comportamiento; por ejemplo, los depósitos volcanoclásticos, escombros de falda, aluviales, coluviales, y de antiguos flujos de detritos son susceptibles a ser movilizados y/o removilizados, ya que son materiales permeables, donde el agua se infiltra fácilmente, superando su capacidad de infiltración y produciendo la saturación rápida y facilitando el escurrimiento rápido del agua en este material saturado (Hauser, 1997). En general, esto aplica a materiales sueltos, donde se incluyen también depósitos de deslizamientos antiguos y/o desprendimientos y laderas que presenten reptación lenta o solifluxión (Hauser, 1993). Por otro lado, en materiales menos permeables, como aquéllos de grano fino, densos, arcillosos y rocosos con escasas fracturas, el escurrimiento de agua superficial es relativamente más rápido debido a su poca capacidad de infiltración y a la menor rugosidad de sus estructuras (Jacoby, 2001).

El estudio de suelos con la finalidad de zonificar en función al comportamiento y la respuesta de los suelos en el área urbana y de expansión de la ciudad de Tacna ante

un evento geológico peligroso, implica determinar la capacidad portante y la respuesta del suelo.

Los peligros de origen geológico-geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Tacna según estudios realizados por INCECI y UNJBG se dan por las siguientes razones:

3.4.2.1 Falla por corte y asentamiento del suelo:

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad de carga y en donde los esfuerzos actuantes inducidos por una estructura de cimentación de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo.

Un suelo con una capacidad de carga de 1.00 Kg/cm² como mínimo se le considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá tener un especial cuidado debido a la posibilidad de una drástica reducción de la capacidad portante en condiciones dinámicas y amplificación de ondas sísmicas, asimismo los asentamientos no deben ser mayores a 2.5cm de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción.

3.4.2.2 Amplificación sísmica local:

La amplificación sísmica es un efecto de las condiciones locales de sitio y depende fuertemente de las condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas de la zona en estudio, en este caso la gran ciudad de Tacna.

El efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas ha sido reconocido desde hace mucho tiempo como factor crucial en la estimación del Peligro Sísmico. Para ello, es importante saber:

A.- Distribución de Suelos.-Se identifican zonas geotécnicas que agrupan tipos de suelos con características homogéneos de acuerdo a los perfiles estratigráficos y a las características geo-mecánicas.

B.- Comportamiento Dinámico del Terreno

Para caracterizar el comportamiento dinámico del terreno en el área urbana de Tacna se han realizado mediciones de microtrepidaciones, consistente en el monitoreo y procesamiento de los registros de micro vibraciones ambientales que se producen tanto por fuente naturales como artificiales. Este ensayo geofísico permite determinar el periodo predominante de vibración natural del terreno y en algunos casos el factor de amplificación sísmica, parámetros que laboratorio. Se ha logrado conocer las propiedades del suelo de cada zona, estas zonas son: cenizas volcánicas de clasificación SUCS SM (ZONA I) ubicada en la parte norte del distrito de Pocollay y algunos sectores del distrito Tacna, gravas pobremente graduadas GP (ZONA IV) que corresponde al resto del distrito de Pocollay y gran parte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, gravas bien graduadas GW (ZONA V) que corresponde al resto del Alianza, arenas limosas de clasificación SM (ZONA II) que cubre por completo los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza, arenas limosas de clasificación SM (ZONA III) ubicada al noreste de la ciudad de correspondientes se muestran en el siguiente cuadro: definen el comportamiento dinámico del terreno durante un evento sísmico. INCECI y UNJBG han identificado cinco zonas geotécnicas cada una diferenciada mediante interpretación insito y mediante ensayos realizados en distrito de Tacna y Gregorio Albarracín Lanchipa.

También existen zonas puntuales de mayores amplificaciones sísmicas entre ellos esta los depósitos antropogénicos o de relleno puesto que se han medido microtremores, mayores a 0.25Hz., asimismo en los suelos diluviales que están en las faldas del cerro Intiorko y que además se le suma el efecto topográfico que amplifica aún más estos efectos. Los materiales volcánicos y las gravas conformantes de casi todo el valle de Tacna, tendrían un mínimo efecto de amplificación sísmica.

Cuadro N° 10: Los valores de Microtrimores

zona	clase	Origen	Periodo de vibración Hz		Presión admisible Kg/cm ²		Potencial de colapso %		Asentamiento Cm.	
			Min	Max	Min.	Max	Min	Max	Min.	Max.
I	SM	Volcánico	0.15		2.54	2.90	0.21	0.50	1.50	1.52
II	SM	Fluvial	0.20	0.25	0.63	0.76	0.78	0.80	1.57	3.32
III	SM	Fluvial	0.25	0.28	0.58	0.64	1.72	11.5	1.57	8.74
IV	GP	Fluvial	0.10		3.41	4.50	0.24	1.51	1.47	1.62
V	GW	Fluvial	0.10		3.50	3.62	0.48	0.50	1.09	1.22

Fuente: INDECI (Abril 1989)

3.4.3 FACTORES ANTROPICOS - DESARROLLO URBANO.

Otro factor externo, ya que juega un papel importante en los cambios que modifican el medio que nos rodea.

Dentro de las actividades que modifican de manera importante e irreversible el medio, aumentando la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y su acción agresiva podemos citar, la construcción de caminos, la explotación de canteras, producción de escombros y residuos sólidos, ocupación de suelos no aptos y pérdida de espacios agrícolas.

En la ciudad de Tacna estas actividades se desarrollan en distintos sectores tales como se aprecia en las fotografías, en las laderas del cerro Intiorko con cortes de talud y en las canteras con la extracción de materiales se produce los cambios en la geometría natural en consecuencia la desestabilización del suelo es inevitable

Imagen N° 12: La necesidad de vivienda versus la necesidad de materiales de construcción, claro contraste que deja el desarrollo urbano al Sur del Distrito de Gregorio Albarracín



Foto N° 12: Generación de cortes y Taludes para uso de vivienda y vías en cerro Intiorko



3.5. PROCESOS DE GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA

Los procesos geodinámicas internos como externos más recurrentes y peligrosos, capaces de generar condiciones de riesgo, identificados en la zona urbana de Tacna, son la Sismicidad, cambios climáticos y desarrollo urbano.

3.5.1 Procesos de Geodinámica Interna - Sismicidad

Para propios y extraños es conocido que esta latitud de América Latina, está identificada por los sismólogos como zona de alta sismicidad, donde los sismos liberan gran cantidad de energía con efectos catastróficos a la vida y el patrimonio de la sociedad; como el ocurrido el 13 de Agosto de 1868 hace 136 años. Los especialistas indican que terremotos de esta naturaleza tienen periodos de recurrencia cada 150 a 270 años (Nishenco); por esta razón la latitud comprendida entre los 15° a 17° Sur, al no haber tenido otro sismo de gran magnitud, está considerada como zona de silencio sísmico.

Tacna está incluida en una región considerada como sísmicamente activa o “Cinturón de Fuego”. Según la estación sísmica de la UNJBG de Tacna, tiene un promedio de 70 a 150 sismos por mes como muestran los gráficos. Los registros sísmicos del año 2002 y los primeros meses del año 2003, reportan una sismicidad incluso por mes sin sismos, debido a que el terremoto liberó toda la energía en proceso de acumulación y estas tensiones se relajaron. Ha pasado un año para después nuevamente Tacna recupere su actividad sísmica normal que son 5 a 7 sismos instrumentales diarios y 5 a 7 sismos sentidos por la población al mes.

Otro dato importante, indica que el 90 % de los sismos tienen distancias epicentrales a más de 150 kilómetros de la ciudad de Tacna, con hipocentros ubicados mayormente en el fondo marino, con profundidades hipocentrales en su generalidad menor de 50 kilómetros.

La secuencia histórica de las ocurrencias de sismos en el Sur del Perú demuestra la recurrencia activa y destructora. A continuación se presenta la relación de sismos que ha sido elaborada por Silgado, 1978 - ISGE/UNJBG.

- Sismo del 24 de Noviembre de 1604. A las 13.30 horas terremoto asociado con tsunami en la Costa Sur. Afectó las ciudades de Arequipa, Arica, Tacna y Moquegua. Tsunami en Arica. Intensidades VIII en Arequipa Arica, Tacna y Moquegua. Intensidades de VI en Cuzco e Ica.
- Sismo del 16 de Setiembre de 1615. Fuerte temblor en la ciudad de Arica. Tacna sufrió daños mayores. Intensidades Arica y Tacna VII- VIII.
- Sismo del 22 de Agosto de 1715 a las 19:00 horas. Terremoto en la ciudad de Arequipa, sintiéndose hasta Arica. Pequeños pueblos fueron sepultados por derrumbes de las partes altas. Intensidad VII MMI en Arequipa.
- Sismo del 08 de Octubre de 1831 a las 21.15 horas. Fuerte temblor en el Sur del País. En Arica resultaron varios muertos. Fue sentido en algunas ciudades de Bolivia y en Arequipa. Intensidades: Arica VII, Moquegua y Tacna VI, Sucre y Oruro (Bolivia) III MMI.
- Sismo del 18 de Setiembre de 1833 a las 05:45 horas. Fuerte temblor en la ciudad de Tacna que redujo a escombros parte de la ciudad y causó daños a Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya. Fue sentido en la Paz y Cochabamba (Bolivia). Hubo 18 muertos. Intensidades: Arequipa, Arica, Ilabaya, Locumba, Moquegua y Sama VI, Tacna VII, Cochabamba, La Paz III MMI.
- Sismo del 13 de Agosto de 1868 a las 16:45 horas. Terremoto en Arica, el movimiento se percibió desde Samanco hasta Valdivia (Chile) en una longitud de 2,800 Km. y hasta Cochabamba (Bolivia). Sufrieron graves ruinas las ciudades de Moquegua, Tacna y Arica. Murieron 180 personas. En Lima se

sintió fuerte. A este terremoto siguió un gran tsunami. Las salidas del mar arrasaron gran parte del litoral peruano, muriendo 330 personas. Intensidades: Cerro La Caldera XI, Arica X, Arequipa IX, Ilo IX, Torata IX, Lima V

- Sismo del 24 de Agosto de 1869 a las 13.45 horas. Fuerte temblor en Arequipa y Tacna. Intensidad V.
- Sismo del 09 de Mayo de 1877 a las 20:28 horas. Terremoto sentido en Mollendo, Ilo y Arica. Se produjo un tsunami asociado al sismo en Ilo y Arica. Siguieron 100 réplicas. Intensidad VII MMI en Arica, Tacna, Ilo, Mollendo e Ilo.
- Sismo del 23 de Enero de 1878. Terremoto sentido en Arequipa y Tacna. Se produjeron daños en Tarapacá. Se produjo tsunami. Intensidades: Tarapacá VII, Tacna y Arequipa V.
- Sismos del 04 de Mayo de 1906. En Tacna ocasionó derrumbes de casas y cuarteamientos de paredes. Intensidades: Tacna VII, Arica VI y Mollendo IV.
- Sismo del 16 de Junio de 1908 a las 12.50 horas. Fuerte temblor que ocasionó desplomo de casas en Tacna y Arica, con intensidades en dichas localidades de VII MMI.
- Sismo del 04 de Diciembre de 1934 a las 12:45. Fuerte temblor en la frontera del Perú y Chile. Intensidad VI en Tacna y Arica.
- Sismo del 11 de mayo de 1948 a las 03.56 horas. Fuerte temblor en Arequipa, Moquegua y Tacna. Los daños fueron de consideración en las construcciones antiguas de adobe y sillar en la ciudad de Moquegua. En Arequipa hubo daños leves. Intensidades: Moquegua, Samegua VII, Arequipa VI y Tacna VI.
- Sismo del 03 de Octubre de 1951 a las 06:08 horas. Fuerte temblor en el Sur. En Tacna se cuartearon los muros de una construcción moderna. Sentido en Moquegua. Intensidades: Tacna VII, Moquegua V.

- Sismo del 15 de Enero de 1958 a las 14:14 horas. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Todas las casas antiguas de esa ciudad sufrieron averías de diversa magnitud, resistiendo sólo los inmuebles y edificios modernos. Intensidades: Arequipa VIII, Moquegua VI, Ica, Tacna y Puno III.
- Sismo del 19 de Julio de 1959 a las 10:07 horas, intenso y prolongado movimiento sísmico en Arequipa, Moquegua, Cuzco y Tacna. Intensidades: Moquegua, Arequipa VII, Cuzco y Tacna V.
- Sismo del 08 de Agosto de 1986. Arica (Chile) es sacudida por un movimiento sísmico con una intensidad de VII grados en la escala de M.M., además la ciudad de Tacna, ubicada al norte de Arica sintió el estrago de ese terremoto con una intensidad de VI grados en la escala M.M.
- Sismo del 23 de Junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas y alcanzó una intensidad máxima de VIII. Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.

CARACTERÍSTICAS DEL SISMO DEL 23/06/2001

El sismo ultimo ocurrido del 23 de junio de 2001 y sus réplicas son los tipos de sismos a los que está mayormente expuesta la población de la ciudad de Tacna. Siendo los originados en la zona de colisión y subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sud Americana.

Según análisis de los registros de ancha banda del Instituto Geofísico del Perú, ha permitido identificar hasta tres eventos sísmicos continuados, el primero duró 06 seg, con epicentro ubicado a 35 Km de Ocoña, el segundo sismo ocurrió a los 39 segundos siendo ubicado a 15 Km al SE del primero y el tercero fue ubicado a 100 Km al Sur del primero, frente a Camaná, de esta manera el tiempo total del sismo fue de 90 a 100 segundos (reporte del IGP).

Las intensidades determinadas en la ciudad de Tacna fueron de VI a VII grados MM en el Cono Sur y el centro de la ciudad de Tacna, mientras que en Ciudad Nueva y Alto de la Alianza fueron de VII a VIII. En el cuadro siguiente presentamos los daños a las personas y viviendas causados por el sismo.

Cuadro N° 11: daños a las personas y viviendas causados por el sismo

PROVINCIAS AFECTADAS	POBLACIÓN			VIVIENDAS	
	DAMNIF.	HERIDOS	FALLECIDOS	AFECTADAS	DESTRUIDAS
TACNA	58 135	252	10	14 404	3 772
CANDARAVE	8 703	28	3	220	1 874
TARATA	2 445	15	0	453	441
J. BASADRE	5 484	68	1	430	889
TOTAL	74 767	565	14	16 507	6 976

Fuente: INDECI

El escenario sísmico de la ciudad de Tacna es entonces particularmente importante, lo que implica que una eventualidad como las previstas, cause muchos problemas a las personas y sus propiedades, a la infraestructura y a los servicios. Por eso resulta de gran importancia asimilar con responsabilidad, continuar y enriquecer los conocimientos sobre los aspectos geológicos locales de tal manera que los esfuerzos

que en materia de prevención se vienen realizando sea positivo en el desarrollo de una ciudad

3.5.2 Procesos de Geodinámica Externa

Sobre la ciudad de Tacna afectan los fenómenos producto de los cambios climáticos asociados a la periódica aparición del fenómeno El Niño o de lluvias inusuales en la cabecera del valles del Caplina, ocasionan desbordes, inundación y destrucción de todo lo que encuentra a su paso infraestructuras, áreas de cultivo y la erosión de las quebradas.

El clima dominante de la ciudad de Tacna es templado a cálido, húmedo con temperatura media anual de 10-28 grados centígrados y precipitación pluvial anual promedio de 0.00 a 80 milímetros, esencialmente durante la temporada invernal. Variaciones importantes a esos parámetros se han presentado en 1996 y 1999 años en que las precipitaciones alcanzaron 81.1 y 46.1 milímetros respectivamente; *el 9 de febrero del 2001, por el río Caplina, con un caudal estimado entre 20 y 30 m³/s;* Particularmente crítico fue el año de 2012, porque se manifestaron inundaciones, flujos de lodo, flujos de detritos, debilitamiento, inestabilidad perdidas de propiedades debido a las precipitaciones en la cabecera de cuenca.

Huaycos excepcionales asociados al fenómeno El Niño, ocurren también en las otras quebradas afluentes al valle en las zonas circundantes de la ciudad, como las quebradas Caramolle, y del Diablo, en el flanco NorOeste, margen derecha del valle; y Viñani, La Garita, Salinas, Escritos y otras; en la margen izquierda, que pueden afectar la ciudad de Tacna y los campos agrícolas. Entre estas se destaca las Quebradas Caramolle y Del Diablo; que afectaron directamente los pueblos jóvenes del Cono Norte y Cono Oeste.

ANTECEDENTES

El huayco ocurrido fue el 9 de febrero del 2001, por el río Caplina, con un caudal estimado entre 20 y 30 m³/s; se formó después de lluvias intensas de varios días que precipitaron en la parte alta de la cuenca. Ocurrió a las 14:00 horas.

Este huayco causó los siguientes daños:

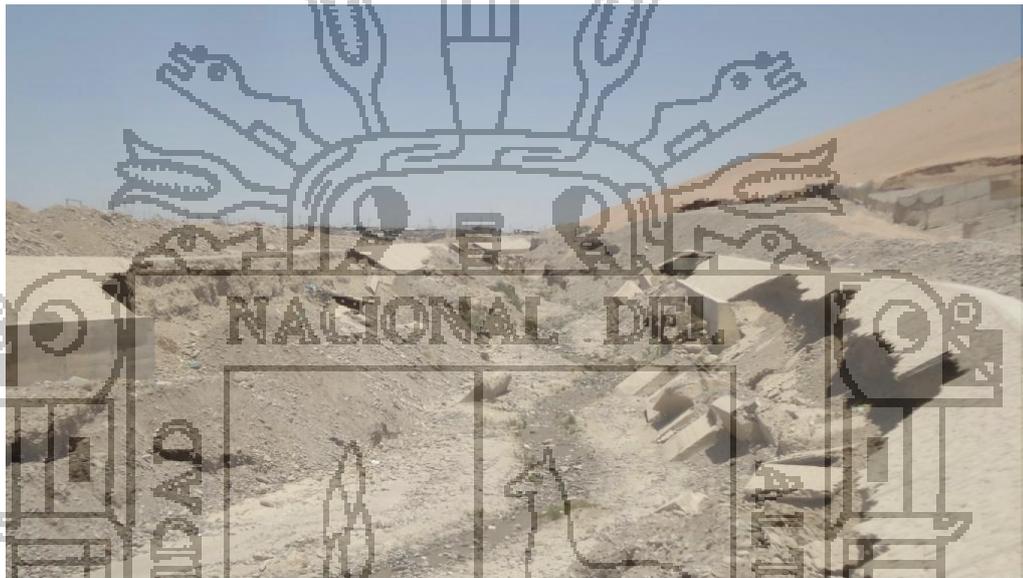
- Destrucción de campos agrícolas entre Challata y Calientes (15 a 20 Ha).
- Soterramiento de los Baños Calientes (destrucción).
- Colmatación de las obras de encauzamiento del río Caplina, desde Calana hasta Piedras Blancas.
- Zozobra en la población ante posible desborde del huayco en la zona denominada El Peligro en Calana.
- Destrucción de la tubería matriz de Agua Potable para la Ciudad de Tacna, cortando el suministro total de agua.
- Erosión del lecho fluvial desde Chuschuco hasta el mar.
- Debilitamiento de las bases del puente en la Panamericana Sur.

Foto N° 13: Fuerza destructora de avenidas excepcionales de río Caplina



Recientemente en el año 2012 alarmo nuevamente a la población tacneña la presencia de fuertes tormentas en la parte alta ocasionando avenidas de huaycos y al paso dejo una secuela de destrucción de infraestructura instalada como se aprecia en las fotos siguientes.

Foto N° 14: Obras de protección destruidas por la fuerza de avenidas excepcionales



3.6. HIDROGEOLOGÍA

La ciudad de Tacna geomorfológicamente se encuentra ubicada en el valle del río Caplina, labrado en la gran unidad geomorfológica denominada Pampas Costaneras.

El conjunto de la ciudad se encuentra emplazada en las terrazas fluviales de la llanura de inundación del río Caplina, y en terrazas aluviales antiguas de un curso anterior al actual. Así, la zona del Cono Norte, que comprende los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, se encuentra en las terrazas antiguas citadas, encontrándose por tanto, a mayor altura que el centro de la ciudad.

En este marco geomorfológico, es conocida la existencia de aguas subterráneas en todo el valle, pues son explotadas mediante pozos tubulares profundos desde el Cono Norte, zona del parque industrial, y latitudes correspondientes en el Distrito de Pocollay al NE, zona de Sobraya, a profundidades mayores de 100m.; hasta la línea de playa, en el delta del río Caplina, conocido como Pampas de La Yarada, donde se encuentran a pequeñas profundidades.

En tal sentido, aun cuando está probada la existencia de aguas subterráneas en toda la ciudad, éstas se encuentran a profundidades del orden de 100 m., no constituyendo por tanto problema geotécnico alguno para las edificaciones, pues no tienen ningún contacto con los suelos en la zona utilizable de fundación, y más bien constituyen un importante recurso ante la escasez de agua en la región; sin embargo su explotación indiscriminada podría generar vacíos, que provocaría hundimientos por lo que es necesario realizar estudios como gravimetría para determinar estructuras. Internas sobre la cual esta asentada la ciudad de Tachna.



CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Vulnerabilidad de la Ciudad de Tacna

La Ciudad de Tacna al estar ubicada en una zona de alta sismicidad, asentada sobre una formación geológica aluvial, diluvial, fluvial y de depósitos de desmonte, que hace que las ondas sísmicas se incrementen, que se presenten problemas de colapsabilidad y además del rápido crecimiento demográfico incontrolable ocupando áreas no aptas; todos estos factores ha hecho que esta ciudad en términos generales incrementen su Vulnerabilidad Física.

Los fenómenos Geodinámicas de mayor incidencia son sin duda primero la preocupación de la ocurrencia de un gran sismo, debido a que Tacna se encuentra en una región con importante silencio sísmico, y la amplificación sísmica local relacionada con la calidad de los materiales y tipo de construcción, capacidad portante del suelo; y segundo amenaza que representa la alteración climático - atmosférico que ocasiona inundaciones, huaycos, tormentas, embalses, entre otras variables a considerar.

4.1.1 Vulnerabilidad ante Peligros Geológicos

En la ciudad de Tacna en un probable ocurrencia de un gran sismo indudablemente los más afectados sería las viviendas antiguas de adobe ubicadas en el casco histórico y periferias de la ciudad, así mismo, la alternativa de uso de bloquetas (mortero ciclopio) tampoco ha mostrado resistencia en el último sismo del año 2001, aun así

este material se sigue utilizando en su mayoría en las zonas periféricas sobre todo en asentamientos humanos informales.

De las investigaciones que se han realizado en el Perú, después de los sismos de 1970, 1974, 1979 y 2001 se ha definido cuatro tipos de comportamiento de las edificaciones según el grado de resistencia sísmica:

Cuadro N° 12: Tipo de Edificación y Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

TIPO DE EDIFICACION	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Tipo 1: Sísmicamente muy débil	Muy Alto
Tipo 2: Sísmicamente débil alto	Alto
Tipo 3: Sísmicamente normal	Medio
Tipo 4: Sísmicamente resistente	Bajo

Fuente: INDECI (2005)

Tipo 1: Son edificaciones antiguas, sin refuerzos verticales ni horizontales, con techos flexibles (de forma trapezoidal “mojinete”) y otros de techos con vigas de madera con planchas onduladas.. Se encuentra de regular a mal estado de conservación con presencia de rajaduras en muros y deterioro de los techos. Por lo tanto estas edificaciones son sísmicamente muy débiles y por lo cual su Vulnerabilidad es Alta.

Foto N° 15: Debilitamiento de cimientos de material de río (bolones y barro)



- . Tipo 2: Son edificaciones de albañilería, cuyas unidades son mayormente ladrillos y bloquetas de concreto fabricados artesanalmente (de baja calidad), los muros con o sin columnas de concreto armado, sin vigas, con techo flexible y ligero (de madera y cobertura de planchas onduladas, o cobertura de caña con torta de barro). Se encuentran en un estado de conservación de regular a malo. Sísmicamente débil, por lo cual le corresponde una Vulnerabilidad Alta
- Tipo 3: Otras construcciones existentes son de concreto tipo aporticado con vigas y columnas de concreto armado, techo de losa aligerada, con muros de relleno de ladrillo cocido o bloquetas de concreto, pero sin una concepción de rigidez lateral. Se encuentran en un estado de conservación de regular a bueno. Sísmicamente normal, por lo cual le corresponde una Vulnerabilidad Media.
- Tipo 4: El otro tipo de edificación es el de construcciones de albañilería confinada, cuyas unidades son mayormente ladrillos de arcilla cocidos en fábricas (de buena calidad), los muros están arriostrados con columnas y vigas, y tiene techo aligerado. También aquí encontramos construcciones de concreto armado tipo aporticado, con vigas y columnas de concreto armado y techo aligerado. En ambos casos el estado de conservación es bueno. Sísmicamente resistente, por lo cual le corresponde una Vulnerabilidad Baja.

Los lugares de concentración pública en la ciudad de Tacna son las siguientes: instituciones educativas, universidades, coliseos, mercados, estadios, templos, centros comerciales, etc. Por la ubicación donde se encuentran presentan diferentes tipos de vulnerabilidad, pero en el transcurso de los años después del sismo han sido reforzados y otros renovados. En el caso de los centros comerciales requiere evaluación de su infraestructura fin de determinar el grado de vulnerabilidad puesto que son centros hacinados de comerciantes y de concurrencia masiva del público lo que conlleva a vulnerabilidad alta.

Los efectos del desastre sobre los diferentes componentes del sistema, es el daño físico a las estructuras en general. La contaminación está estrechamente relacionada con el daño estructural. La contaminación puede ser resultado del daño a las estructuras, pero las tuberías rajadas, los alcantarillados tapados o las inundaciones de agua contaminada también pueden crear serios riesgos para la salud. Otro de los efectos serios y comunes en los desastres más graves es la interrupción del servicio de electricidad, interfiriendo con las labores de bombeo y de tratamiento del agua.

4.1.2 Vulnerabilidad ante amenaza que representa la alteración climático-atmosférico

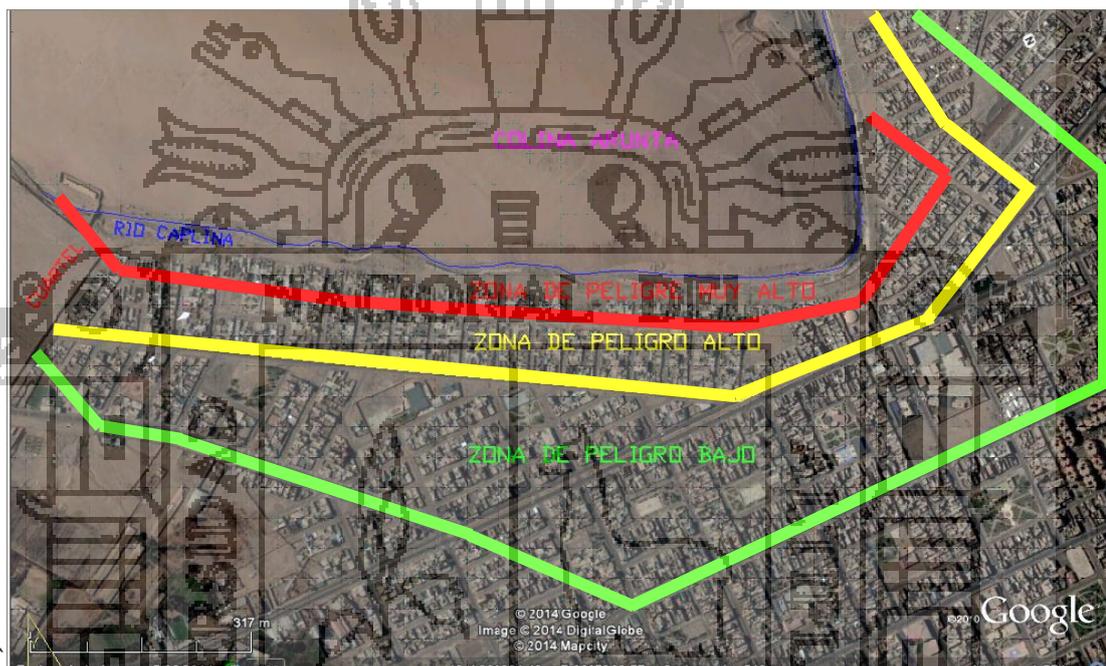
Históricamente han ocurrido fenómenos fluviales que se desencadenaron como en el caso ocurrido el 9 de febrero del 2001, por el río Caplina, con un caudal estimado 20 y 30 m³/s., debido a las intensas lluvias que se precipitaron en la parte alta de la cuenca.

Los aluviones de mayor riesgo ocasionan son los ríos Caplina y Uchusuma, en la que durante las lluvias fuertes forman escorrentía concentrada en las distintas quebradas que las forman, presentándose desde las nacientes hasta Pachía y Cerro Blanco, donde destacan las quebradas Palca, Uchusuma, Vilavilani, Cobani, etc.

Se ha identificado en la zona en el río Caplina (entre Challata, aguas arriba y el distrito Gregorio Albarracín, aguas abajo) existe riesgo a desborde e inundación, remoción y socavamiento teniendo como puntos críticos: Calientes, puente El Peligro (Calana), Defensa de Calana (desvío del río hacia la margen izquierda), acueducto hacia la Planta de Tratamiento de Calana (zona de Peschay), la quebrada del Cerro Arunta (asociación de vivienda El Morro) y parte del Cono Sur. Se ha considerado estas zonas críticas con Vulnerabilidad Muy Alta.

El causas de las quebradas de Caramolle, Del Diablo y por donde discurría antiguamente el río Caplina y es probable que ante un cambio climático severo estos causes se active, lo que provocaría daños en edificaciones que están construidas a su paso. Se ha considerado estas zonas críticas con Vulnerabilidad Alta.

Figura N° 13: Área Vulnerable al Desborde de Río en Quebrada Arunta



Del mismo modo, al pie del cerro Arunta la unión de ríos Caplina y Uchusuma han sido arrinconados por asentamientos humanos, en donde actualmente, en esta zona existen Asociaciones de Vivienda, las cuales serían afectadas por desborde provocado por deslizamiento del cerro creando un embalse natural. Por lo tanto se ha considerado este punto crítico, como una zona con Vulnerabilidad Media.

Las imágenes son más que reveladores y demuestran cuán vulnerables son las infraestructuras ante un eventual avenida de proporciones igual o mayor de los que han ocasionado desastres a su paso.

Foto N° 16: Ocupación de causas de quebradas el Diablo en cerro Intiorko



4.2 Zonificación de aptitud de uso y ocupación del suelo

Dada la clara tendencia de ocupación del territorio por el urbanismo, los parámetros que definen las potencialidades y especialmente las limitaciones de la zona de estudio se relacionan con tres aspectos principales:

- Constitución geológico – geotécnico y comportamiento morfodinámico del territorio.
- Estado actual y cambios climáticos.
- Cambio en el uso del suelo y sus implicaciones ambientales.

Siguiendo este planteamiento, el resultado de la evaluación general de algunos aspectos a través de mapas temáticos, tales como: pendientes, geología, geomorfología, procesos morfo dinámicos y retiros a quebradas. Basada en esta información, debidamente georreferenciada y con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), se elaboró un mapa temático con la zonificación a la aptitud de uso urbano del suelo.

El resultado de la zonificación para el uso y ocupación del suelo en el área urbana y en las zonas de expansión se agrupó en las siguientes categorías de terrenos:

ZONAS A: Estables independientes. Con excelentes condiciones para su intervención urbanística.

ZONAS B: Estables dependientes. Aéreas con restricciones geológicas leves, que pueden usarse con algunas medidas de protección.

ZONAS C: Inestables recuperables. Presentan restricciones geológicas moderadas. Sin embargo, con algunas medidas, se pueden usar.

ZONAS D: Inestables no utilizables. Presenta un alto grado de deterioro que en caso de ser posible su recuperación implicaría grandes inversiones.

ZONA E: Aéreas no utilizables. Zonas estables e inestables de manejo espacial, como retiros a corrientes, pendientes escarpadas, reservas forestales, parques naturales, etc.

4.2.1. ZONAS “B” Áreas con restricciones geológicas leves (estables dependientes, utilizables)

Son zonas relativamente estables por sus condiciones naturales superficiales, pero que por su conformación geológica, geomorfológica y topográfica (pendientes suaves – moderadas, 0-10%) son susceptibles a procesos geológicos puntuales o de gran magnitud (Sismo) o a verse afectados por el manejo inadecuado y/o evolución de sectores aledaños. Puede requerirse la realización de acciones puntuales de estabilización de carácter preventivo. Las restricciones para su desarrollo se derivan de las condiciones geotécnicas de los diferentes materiales que constituyen el subsuelo, las cuales deben ser analizadas mediante un estudio geotécnico de detalle para fundación de infraestructura dependiendo de la carga a soportar; además requieren pautas de manejo que permitan conservar su estabilidad. Este suelo

posiblemente sea los últimos depósitos de canal y depósitos de llanura de inundación de gran magnitud que hayan ocurrido en todo el valle de Caplina, la presencia de capas de diferentes potencia y materiales son indicadores de varios eventos que a modifico la superficie primigenia, sin embargo es la superficie que mayor seguridad ofrece ante un eventual sismo, mas no, a un evento climatológico como posiblemente haya ocurrido antes, es decir es susceptible a una inundación que significaría muchas pérdidas.

Los datos técnicos (Endeci): conformada por suelos de clasificación GP compuestos por gravas pobremente graduadas que presenta valores de microtemores de 0.10 Hz, presiones admisibles del suelo de 3.41 Kg/cm² a 4.50 Kg/cm², potenciales de colapso que varían del 0.24% al 1.51%, en esta zona se esperan asentamientos que varían de 1.47 cm a 1.62 cm; y suelos de clasificación GW compuestos por gravas bien graduadas de origen fluvial que presenta períodos de vibración natural de 0.10 Hz, capacidades portantes que varían de 3.50 Kg/cm² a 3.62 Kg/cm², valores de potencial de colapso que varían de 0.48% a 0.50%. Los asentamientos que se esperan en este suelo son de 1.09 cm a 1.22 cm.(fuente INDECI)

4.2.2. ZONAS "C" Áreas con restricciones geológicas moderadas (estabilidad condicionada o potencialmente inestables).

Corresponden a geoformas con pendientes moderadas – altas (11-40%), lo cual condiciona en gran parte el desarrollo urbanístico tradicional (corte y lleno).

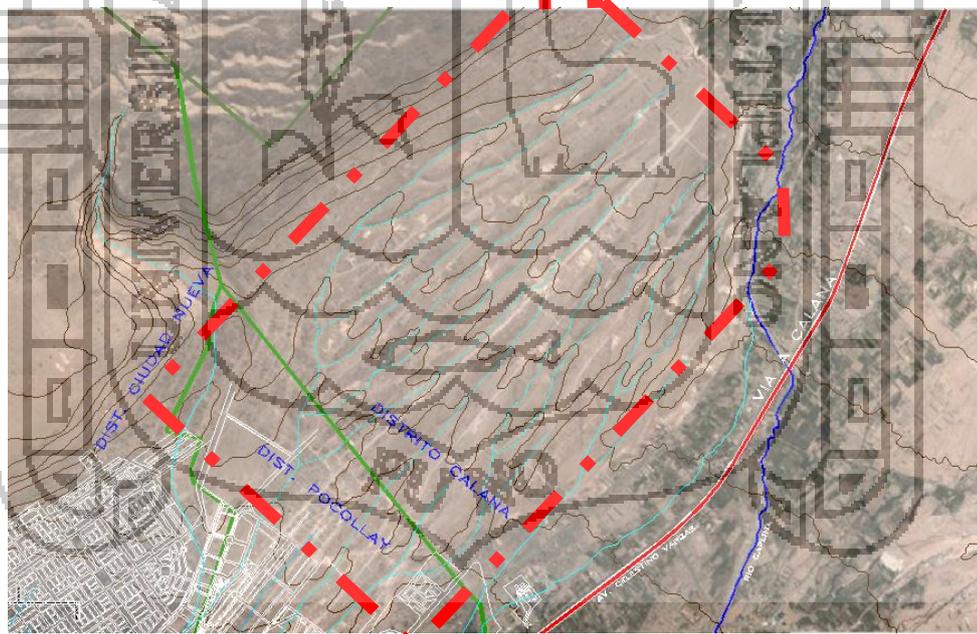
La geología de esta zona indica que corresponde a depósitos de cenizas volcánicas (**Q_{ce}**), de geomorfología superficial bastante erosionado con causes profundos de forma "v" por la poca resistencia a la acción erosiva hidráulica quedando como rasgo de relieve irregular de drenaje de E-O y correspondiente a suelos de clasificación arena limosa SM de origen cenizas volcánicas, Esta zona comprende: toda la zona

norte del distrito de Pocollay y parte del distrito de Calana zona Oeste límite con distrito de Pocollay, (ver anexo N° 04).

Los datos técnicos (INDECI): presenta períodos de vibración natural de 0.10 Hz, capacidades portantes que varían de 3.50 Kg/cm² a 3.62 Kg/cm², valores de potencial de colapso que varían de 0.48% a 0.50%. Los asentamientos que se esperan en este suelo son de 1.09 cm a 1.22 cm.

Dentro de esta clasificación está incluido parte del área urbana consolidada de los distritos alto de la alianza y ciudad nueva por tener los suelos las misma características geológicas, Las características que poseen valores de microtemores promedio de 0.15 Hz, presiones admisibles del suelo que varían de 2.54 Kg/cm² a 2.90 Kg/cm²; el potencial de colapso varía de 0.21% a 0.50 %, presenta asentamientos mínimos de 1.50 cm y máximo de 1.52 cm.

Figura N° 14: Área de Depósito Volcánico Calificado como Zona C



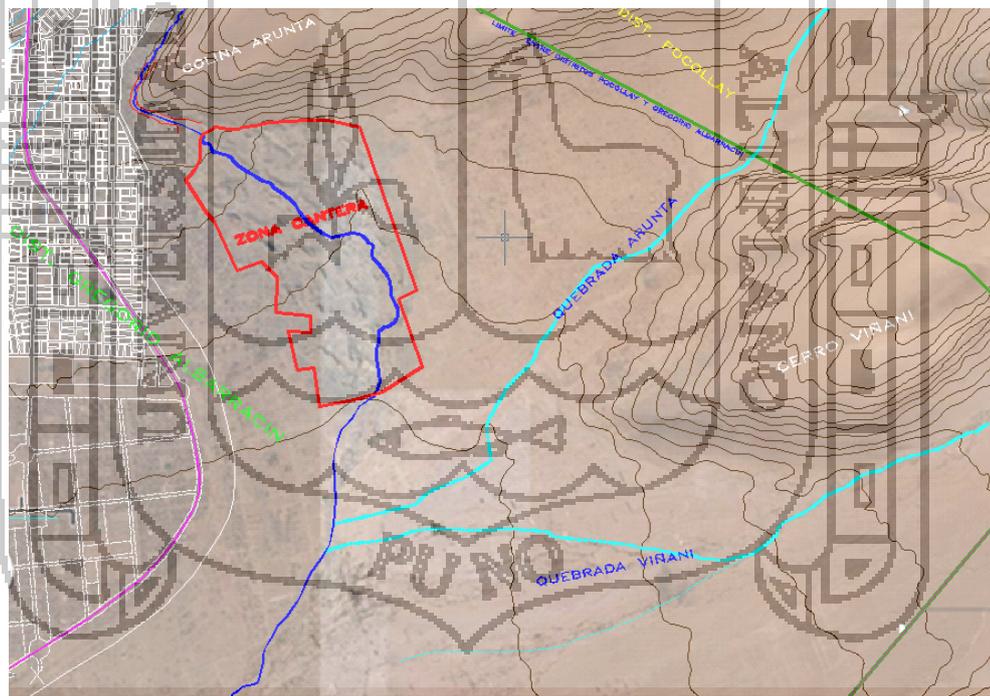
Fuente Google Earth
Elaboración propia

4.2.3. ZONAS “D”. Áreas con restricciones geológicas severas (inestables no urbanizable).

Son áreas afectadas por procesos geológicos activos e inactivos o que se consideran susceptibles a procesos de remoción en masa o inundación por causas de crecidas excepcionales, que en caso de ser posible su recuperación implicaría grandes inversiones. Estas áreas deben protegerse y adecuarse como parques.

Estas características presenta las áreas próximas al cause antiguo aguas abajo a partir de la derivación del río Calina; el cause antiguo de la quebrada Caramolle, así mismo los abanicos aluviales de la quebrada del diablo. Al Sur del distrito de Gregorio albarracín al otro lado del río esta zona es susceptible a procesos de cambios climáticos

Figura N° 15: Área de Confluencia de Tres Quebradas Calificado como Zona D

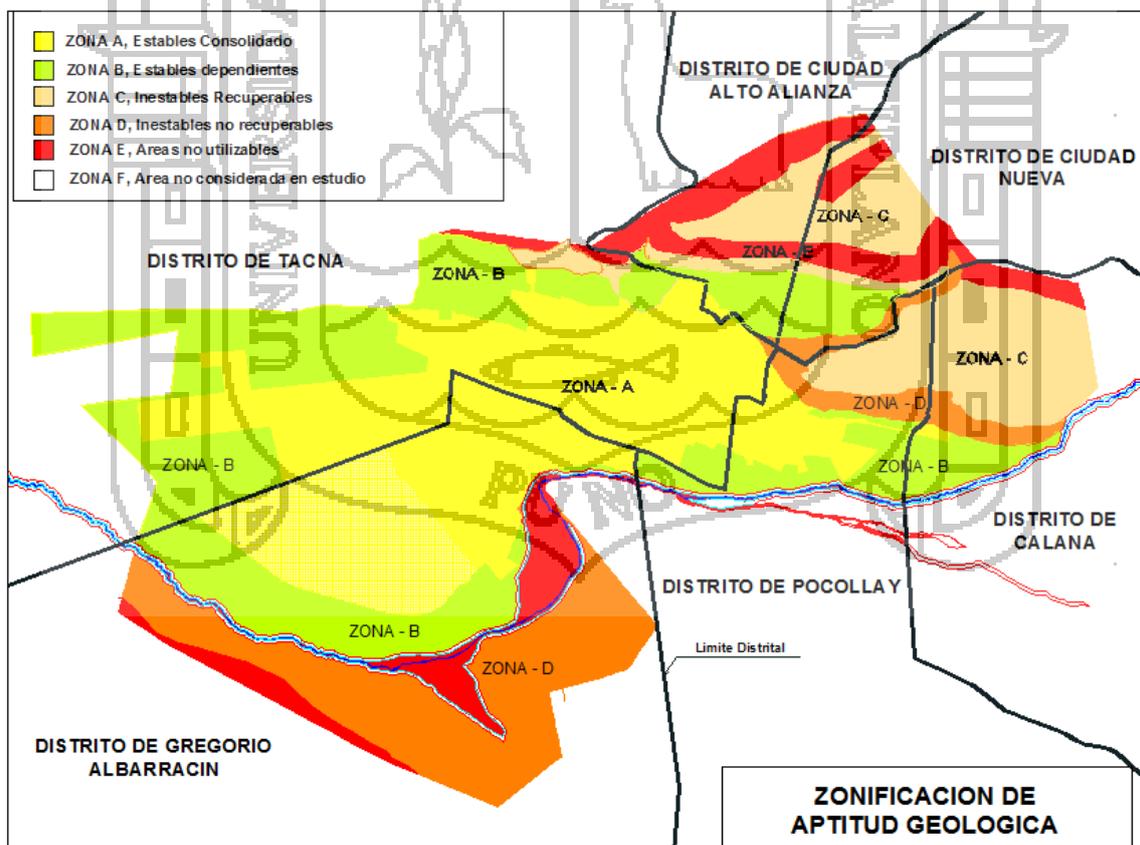


Fuente Google Earth
Elaboración propia

4.2.4. ZONAS “E”. Zonas estables e inestables de manejo especial (Áreas no utilizables para la ubicación de edificaciones).

Corresponde a esta categoría de terrenos las franjas de retiro y causes de las corrientes naturales del río Caplina y Uchusuma, áreas de protección y de seguridad próximas a terrenos inestables, sectores de pendientes altas a escarpas (mayores del 60%), áreas de interés ambiental, entre otras. Son áreas que se deben considerar como de manejo especial y que requieren un uso específico buscando su protección y/o conservación. Los terrenos caracterizados como tal (zonas “E”) deben ser protegidos y conservados, mediante la implementación de una cobertura vegetal protectora y la adecuación de obras de protección y estabilización.

Mapa N° 5 Zonificación de Suelos de aptitud Geológica para uso y ocupación en la ciudad de Tacna.



Elaboración propia

Cuadro N° 13: Cuadro Comparativo de Zonificación de Áreas de Estudio por Distrito

DISTRITO	ZONA A		ZONA B		ZONA C		ZONA D		ZONA E		AREATOTA
	AREA (Has.)	PORCIENTO	Has.								
TACNA	0	0.00%	2198.7066	99.65%	0	0.00%	7.7482	0%	0	0.00%	2206.4548
ALTO ALIANZA	0	0.00%	188.8634	52.45%	68.5926	19.05%	13.8952	4%	88.7151	24.64%	360.0663
C. NUEVA	0	0.00%	196.7754	66.51%	29.908	10.11%	69.1825	23.38%	0	0.00%	295.8659
POCOLLAY	0	0.00%	306.611	53.21%	207.2283	35.96%	62.3992	10.83%	0	0.00%	576.2385
G. ALBARRACIN	0	0.00%	1749.8719	99.72%	0	0.00%	0	0.00%	4.894	0.28%	1754.7659
CALANA											0
RESULTADOS	0	0.0%	4640.8283	89.36%	305.7289	5.89%	153.2251	2.95%	93.6091	1.80%	5193.3914

Cuadro N° 14: Cuadro Comparativo de Zonificación de Áreas Urbana Consolidada por Distrito

DISTRITO	ZONA B		ZONA C		ZONA D		ZONA E		AREATOTAL	% por dist.
	AREA (Has.)	%	POR DIST.							
TACNA	1635.0047	92.38%	77.3029	4.37%	0%	0%	57.4773	3.25%	1769.7849	24.37%
ALTO ALIANZA	0	0.00	227.7422	34.82%	0%	0%	426.2868	65.18%	654.029	9.01%
C. NUEVA	5.2335	1.09%	297.3255	51.34%	6.4505	1.11%	270.1037	46.64%	579.1132	7.97%
POCOLLAY	318.243	66.43%	61.8993	12.92%	98.9513	20.65%	0	0.00%	479.0936	6.60%
G. ALBARRACIN	770.8233	28.72%	0	0.00%	1517.7969	56.55%	395.4451	14.73%	2684.0653	36.96%
CALANA	196.4572	17.93%	709.0377	64.71%	97.5987	8.91%	92.5415	8.45%	1095.6351	15.09%
RESULTADOS	2925.7617	40.29%	1373.3076	18.91%	1720.7974	23.70%	1241.8544	17.10%	7261.7211	100.00%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En la zona urbana y alrededores afloran pocas formaciones apreciables en vista que están cubiertos por depósitos eólicos como residuales, sin embargo en los cortes de carretera de acceso en las laderas del cerro Arunta e Intiorko se puede visualizar algunas formaciones y una compleja secuencia de depósitos de vertiente, con edades desde Terciario Tardío hasta Cuaternario reciente.
- La litología dominante corresponde a depósitos fluviales de inundación a lo largo del valle Caplina, al norte de la ciudad se encuentra depósitos de cenizas volcánicas seccionado por la antigua quebrada caramolle, en la sección oeste se aprecia cubierto por depósitos aluviales en cambio en la sección este se aprecia íntegramente por ceniza volcánica.
- Geomorfológicamente la ciudad de Tacna se encuentra sobre una unidad mayor de valle de terrazas aluviales de inundación, conos aluviales de las quebradas antiguas, de lomos bajos bastante erosionados por drenajes antiguos, esta unidad actualmente es la zona tentadora para futura gran expansión urbana. Sin embargo de acuerdo a las características geológica, geomorfológicas y geodinámica externa resulta seleccionado como área de restricción geológica moderada.
- En la ciudad de Tacna se registran dos sucesos de la naturaleza que son recurrentes, que suceden cíclicamente, que son predecibles e impredecibles, por tanto son leyes naturales; el primero es el caso de sismos en contraste con litología del medio son agresivos y pelagra la seguridad física y el segundo los

cambios climáticos generado por el fenómeno del niño ocasionan lluvias excepcionales en la cabecera de cuenca produciéndose avenidas y huaycos que llegan hasta el mar erosionando y modelando los causes, afectando infraestructuras y vidas incluso.

- Con el análisis de Geología Urbana realizado en la ciudad de Tacna, queda demostrada la importancia de incorporar este tipo de estudio como base en el perfeccionamiento de los procesos de zonificación territorial urbano, considerando el componente geológico como factor importante en el conocimiento de zonas vulnerables a determinadas amenazas.
- El área total de la zona de expansión urbana propuesto es de aproximadamente 7261,72 has., de las cuales 2925,76 has. (40,29%) se clasifican como “Zonas B” áreas con restricciones geológicas leves (estables dependientes, utilizables para el desarrollo urbano); 1373,31 has. (18,91%) se caracterizan como “Zonas C” áreas con restricciones geológicas moderadas (estabilidad condicionada o potencialmente inestables, utilizables). 1720,79 ha (23,70%), 1241,85 (17,10%) corresponden a las zonas “D” y “E” áreas con restricciones geológicas severas y zonas estables e inestables de manejo especial no son aptas para la ubicación de edificaciones, ver detalle en Anexo N° 4

RECOMENDACIONES

- Dadas las restricciones geomorfológicas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas que se presenta en la zona de expansión de la ciudad de Tacna, se considera que para el desarrollo urbanístico de cada unidad de gestión se debe llevar a cabo, como prerequisite, la ejecución de los estudios geotécnicos de detalle que

involucren el Estudio de Suelos necesarios, de los predios que componen la unidad de gestión y su área de influencia inmediata.

- Dada la cercanía del polígono que delimita la zona de expansión URBANA con el sistema de falla Incapuquio, se hace necesario la realización de un estudio de la geología estructural para identificar la posible presencia de fallas locales activas o potencialmente activas, alineamientos, rasgos geomorfológicos que tengan relación con actividad neo tectónica, etc.; que permita obtener un buen conocimiento tectónico de la zona.
- Las futuras habilitaciones urbanas para uso de vivienda deben adecuarse a la Zona B porque Geológicamente es apropiada y además tiene algunas ventajas: mayor área urbanizable; menores accidentes topográficos; mayor disposición de servicios urbanos; buena accesibilidad y existencia de un mercado de tierras entre otros. Sin embargo se sugiere respetar y evitar habilitaciones urbanas en el área de influencia del aeropuerto.
- El respeto a la naturaleza y cuidarla es obligación de todos los habitantes, ella nos ofrece muchos recursos positivos a la vez negativos, este último se convierte como tal siempre en cuando exista exposición u ocurra en lugar de uso público, por lo tanto depende de los habitantes evitar riesgo con una oportuna prevención.
- Gestionar la reubicación inmediata de las familias, instaladas en áreas de riesgo o elaborar proyectos para mitigar el desastre.

BIBLIOGRAFÍA.

AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L.; AMENOMORI, C. (1990). *Riscos geológicos: aspectos conceituais*. Simposio Latino-Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, 1. p. 334-341. ABCE, São Paulo. Brasil

ACOSTA, H.; ALVÁN, A.; MAMANI, M.; OVIEDO, M. & J. RODRÍGUEZ (2011) - Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca, hojas 36-v y 36-x, escala 1:50,000. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 139, 96 p.

ADAMS, J.I. (1906) - Caudal, procedencia y distribución de aguas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. Boletín Cuerpo Ingenieros de. Minas Perú, (45): 1-61.

BELLIDO E. Geología del Cuadrángulo de Moquegua. Boletín Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A Carta Geológica Nacional N.º 15, 1979, 78 pp.

COLLAZOS REYES, ELDA. 2005. Escenarios de crecimiento urbano en el municipio de Tiquipaya a partir de evaluación espacial Multicriterio. Tesis de maestría profesional en información de suelos para el manejo de recursos naturales. UMSS-CLAS.

CERRI, L. et al. (1990) Plano preventivo de defesa civil para a minimização de conseqüências de escorregamentos na área dos Bairro-Cota e Morro do Marzagão, municipio de Cubatão, SP, Brasil. In: Simposio Latino Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, 1: 381- 395. ABGE. São Paulo. Brasil

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE OEA/DDRMA. (1991). *Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños*. Organización de los Estados Americanos Washington, D.C. USA

FLORES, A. & SEMPERE, T. (2002) - Avances sobre la historia geológica del valle de Tacna (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 11. Lima, 2002. Trabajos científicos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 11 p.

GÓMEZ J. G., OCOLA L. Y AUDEMARD F. Efectos geológicos asociados al sismo del 23 de junio de 2001 en el sur del Perú. XI Congreso Peruano de Geol. Vol. Resúmenes, 2002, p. 252.

JENKS, W.F. (1948) - Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geology of the Arequipa Quadrangle of the Carta Nacional del Peru. Instituto Geológico del Perú, Boletín 9, 204 p.

LAVELL, A. (2003). Los Conceptos, estudios y práctica en torno al tema de los riesgos y desastres en América Latina. Evolución y Cambio, 1980-2004. El Rol de la RED, sus miembros y sus instituciones de apoyo. Secretaría General, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO. Costa Rica

MAROCCO, R.; DELFAUD, J. & LAVENU, A. (1985) – Ambiente deposicional de una cuenca continental intramontaña andina: el Grupo Moquegua (Sur del Perú): primeros resultados. Boletín Sociedad Geológica del Perú. (75): 73-90.

UNJBG-INDECI-PNUD PER 98/018 “*Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna – Cono Norte*”. Tacna, Octubre de 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA INEI (2007) *Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda*

INDECI. “*Guía Para La Elaboración del Riesgo*”, Dirección Nacional de Prevención. Lima, 2000.

INDECI – PNUD PER/02/051 “*Ciudades sostenibles*”. Tacna, Diciembre 2004

Plan Estratégico de Desarrollo de la Municipalidad Provincial de Tacna 2010 - 2013

HUGO O'CONNOR SALMON. PLANEAMIENTO URBANO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES EN EL PERÚ. UN ASUNTO TERRITORIAL

Urbano. Mayo, 2008/Vol. 11, N° 017

MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ, "IMPORTANCIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL" A C T A S L.deV. TOMO 27 2004

SEMPERE, T.; FORNARI, M.; ACOSTA, J.; FLORES, A.; JACAY, J., et al. (2004b) - Estratigrafía, geocronología, paleogeografía y paleotectónica de los depósitos de antearco del sur del Perú. Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 533-536.

SILGADO E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú, 1513-1974. Instituto Geológico Minero del Perú, Lima.

TOSDAL, R.M.; FARRAR, E. & CLARK, A.H. (1981) - K-Ar geochronology of the late Cenozoic volcanic rocks of the Cordillera Occidental, southernmost Peru. Journal of Volcanology and Geothermal research, 10(1-3): 157-173.

VALENZUELA, G. (2003). *La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)

VARNES, D. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Natural Hazards. nº 3. UNESCO, Paris.

VILLACORTA, S. (2007). *Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llamínchan. Cajamarca-Perú*. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos minerales

UNDRO (1979). *Natural disasters and vulnerability analysis*. Report of Expert Group Meeting. Geneva.

WILSON, J.J. & GARCÍA, W. (1962) - Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 4, 81 p.

WEBGRAFÍA.

* LAVELL A, “Vulnerabilidad social: una contribución a la especificación de la noción y sobre las necesidades de investigación en pro de la reducción del riesgo” in Seminario Internacional sobre Nuevas Perspectivas en la Investigación Científica y Técnica para la Atención y Prevención de Desastres – INDECI – Perú - 24-26 de noviembre 2004,

<http://www.ifeanet.org/biblioteca/result.php?descriptor=Catastrophe%20naturelle>
e, (05/12/2008)

* TWIGG J, Características de una comunidad resiliente antes los desastres
Nota Guía, in Hazard Research Center, 2007,

[http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/
communitydrrindicators_drr_indicadores_index.htm](http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/communitydrrindicators_drr_indicadores_index.htm), (9/10/12)

* WILCHES-CHAUX G, “La vulnerabilidad global”, in Los desastres no son naturales, LA RED, 1993,

www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc4083/doc4083.htm , (11/12/08)

ANEXO.

PLANO 1: UBICACIÓN.. (UB)

PLANO 2: PLANO BASE URBANO (P-1)

PLANO 3: PLANO GEOLÓGICO URBANO (P-2)

PLANO 4: PLANO GEOMORFOLÓGICO URBANO (P-3)

PLANO 5: PLANO ZONIFICACIÓN DE APTITUD GEOLÓGICA URBANO (P-4)

PLANO 6: GEOLOGIA REGIONAL (GR)

