

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

WILSON MICHAEL HERNANDEZ BECERRA
HECTOR LUIS TORRES CASTAÑEDA

Asesor:

Ing. MANUEL RAFAEL URTEAGA TORO

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre por darme la vida,
por su amor, apoyo, consejos, comprensión, tolerancia,
ayuda en los momentos difíciles, y por haberme sabido formar
con buenos sentimientos, hábitos y valores,
lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.
A mi familia en general, por brindarme su apoyo incondicional y
por compartir conmigo buenos y malos momentos.
A todos mis buenos y verdaderos amigos.
A mis docentes que supieron inculcarme buenos conocimientos.
Les agradezco a todos ustedes el haber llegado a mi vida y
el compartir momentos agradables y momentos tristes,
pero esos momentos son los que nos hacen crecer y
valorar a las personas que nos rodean.

Wilson Michael Hernández Becerra

Dedico ésta tesis a Dios y a mis padres.
A Dios porque siempre ha estado en cada paso que doy,
cuidándome y dándome fuerza para continuar.
A mis padres, Antero Torres Barrionuevo y
Elena Castañeda Abanto, pilares fundamentales en mi vida.
Sin ellos, no hubiese podido conseguir lo que
hasta ahora he conseguido. Su amor, paciencia y esfuerzo
insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo
a seguir y destacar, no solo para mí, sino
para mis hermanos y familia en general.

Héctor Luis Torres Castañeda

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios por habernos guiado durante toda la investigación permitiéndonos trabajar en armonía y así haber logrado culminar con bien todo el proceso de la presente investigación. Un especial agradecimiento al Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, por el apoyo que nos brindó en todo momento, cumpliendo la función de asesor en el curso de proyecto de tesis, de igual manera un agradecimiento al Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro por su asesoría y todas las recomendaciones brindadas para culminar con la presente investigación.

Gracias a nuestros padres, hermanos y familiares por habernos brindado un apoyo moral y dándonos los grandes consejos que nos sirvieron para llegar hasta donde estamos ahora.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Antecedentes de la investigación	23
1.3. Bases teóricas	29
1.3.1. <i>Expansión urbana</i>	29
1.3.2. <i>Zonificación</i>	30
1.3.3. <i>Suelo</i>	30
1.3.4. <i>Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)</i>	33
1.3.5. <i>Ángulo de fricción</i>	35
1.3.6. <i>Asentamiento inmediato</i>	35
1.3.7. <i>Cohesión</i>	36
1.3.8. <i>Caracterización geotécnica</i>	36
1.3.9. <i>Capacidad portante</i>	36
1.3.10. <i>Capacidad de carga última</i>	37
1.3.11. <i>Ensayo de corte directo</i>	38
1.3.12. <i>Demografía</i>	39
1.3.13. <i>Tasa de crecimiento poblacional</i>	39
1.3.14. <i>Factores que influyen en el crecimiento poblacional</i>	40
1.3.15. <i>Geoestadística</i>	40
1.3.16. <i>Interpolación espacial de datos</i>	41
1.3.17. <i>Métodos de interpolación espacial</i>	41
1.3.18. <i>Interpolación con ArcGIS</i>	42
1.4. Formulación del problema	42
1.5. Objetivos	42
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	42
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	42
1.5.3. <i>Hipótesis</i>	43
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	44
2.1. Tipo de investigación	44
2.1.1. Definición de variables.....	44
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	45

2.2.1.	<i>Población</i>	45
2.2.2.	<i>Operacionalización de variables</i>	46
2.2.3.	<i>Materiales y equipos utilizados para la obtención de datos de campo</i>	47
2.2.4.	<i>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</i>	47
2.2.4.1.	<i>Técnicas de recolección de datos:</i>	47
2.2.4.2.	<i>Instrumentos de recolección de datos:</i>	47
2.2.4.3.	<i>Validación del instrumento de recolección de datos.</i>	52
2.2.4.4.	<i>Análisis de datos:</i>	52
2.3.	<i>Procedimiento</i>	52
2.3.1.	<i>Análisis demográfico</i>	52
2.3.2.	<i>Caracterización geotécnica del suelo</i>	55
2.3.3.	<i>Ensayos desarrollados en laboratorio de mecánica de suelos</i>	61
2.3.4.	<i>Modelo digital de elevaciones y zonificación por capacidad portante y tipo de suelo</i>	61
2.3.5.	<i>Aspectos Éticos</i>	62
CAPÍTULO III. RESULTADOS		64
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		70
4.1.	<i>Discusión</i>	70
4.1.1.	<i>Limitaciones</i>	70
4.1.2.	<i>Implicancias</i>	75
4.2.	<i>Conclusiones</i>	75
4.3.	<i>Recomendaciones</i>	78
REFERENCIAS		79
ANEXOS		81
ANEXO N° 01. Formato de guía de observación de calicatas		81
ANEXO N° 02. Formatos empleados en el estudio de mecánica de suelos		82
ANEXO N° 03. Certificado de calibración de estación total		85
ANEXO N° 04. Datos monográficos de puntos geodésicos		86
ANEXO N° 05. Estudio de mecánica de suelos (calicata N° 1 y calicata N° 20)		88
ANEXO N° 06. Plano geológico		98
ANEXO N° 07. Plano de ubicación de calicatas		99
ANEXO N° 08. Plano de zonificación por tipo de suelo		100
ANEXO N° 09. Plano de zonificación por capacidad de carga admisible del suelo		101
ANEXO N° 10. Panel fotográfico		102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Símbolos utilizados en la clasificación SUCS.....	35
Tabla 2 Tipo de investigación	44
Tabla 3 Definición de variables.....	44
Tabla 4 Operacionalización de variables.....	46
Tabla 5 Población estimada, por área urbana y sexo, según departamentos, provincias y distritos.	52
Tabla 6 Resumen general de datos catastrales urbanos de la ciudad capital del distrito de Catilluc, al año 2019. Provincia San Miguel, región Cajamarca.....	53
Tabla 7 Ubicación de calicatas.	55
Tabla 8 Resumen de datos tomados en campo mediante la guía de observación de calicatas, en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca.	57
Tabla 9 Resumen de datos de los Hitos geográficos (estaciones CTL1 y CTL2) – Catilluc.	62
Tabla 10 Conformación urbano-espacial del distrito de Catilluc.	64
Tabla 11 Usos del Suelo en el distrito de Catilluc.....	64
Tabla 12 Usos del suelo y distribución general de Áreas en el distrito de Catilluc.	65
Tabla 13 Altura de las construcciones en el distrito de Catilluc.	66
Tabla 14 Materiales de construcción en paredes de las viviendas en el distrito de Catilluc.	66
Tabla 15 Estado de Conservación de las Construcciones en el distrito de Catilluc.	66
Tabla 16 Estado de las Construcciones en el distrito de Catilluc.	66
Tabla 17 Antigüedad de las Construcciones en el distrito de Catilluc.	67
Tabla 18 Área Construida y Área Libre en el distrito de Catilluc.	67
Tabla 19 Predios Urbanos que cuentan con Servicios Básicos en el distrito de Catilluc....	67
Tabla 20 Población urbana en el centro poblado de Catilluc, 2012-2019.	68
Tabla 21 Resumen de parámetros físicos y mecánicos de los suelos en la zona de expansión del ámbito urbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc.	69
Tabla 23 Zonificación por capacidad de carga admisible del suelo a una profundidad de 2.00 m, para el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Levantamiento topográfico en la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.	102
Figura 2 Levantamiento topográfico en la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.	102
Figura 3 Excavación de la calicata C-11.	103
Figura 4 Toma de muestras de suelo en la calicata C-11.	103
Figura 5 Traslado de muestras de suelo a la ciudad de Cajamarca para su respectivo análisis en laboratorio de mecánica de suelos.	104
Figura 6 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. Los Docentes UNC H-3 Cajamarca.....	104
Figura 7 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.	105
Figura 8 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. Los Docentes UNC H-3 Cajamarca.....	105
Figura 9 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en Urb. Los Docentes UNC H-3 Cajamarca.	106
Figura 10 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.	106
Figura 11 Ensayo de corte directo realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en Urb. Los Docentes UNC H-3 Cajamarca. .	107
Figura 12 Ensayo de corte directo realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en Urb. Los Docentes UNC H-3 Cajamarca. .	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Capacidad de carga límite.....	38
Ecuación 2 Tasa de crecimiento	39
Ecuación 3 Tasa de crecimiento poblacional compuesto.	54
Ecuación 4 Tasa promedio anual de crecimiento del período.	54
Ecuación 5 Cálculo de la tasa de crecimiento "r".....	68
Ecuación 6 Cálculo de la población futura al año 2030.	68

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las zonas aptas para expansión urbana en base a la capacidad portante que presentan los suelos periurbanos de la ciudad capital del distrito de Catilluc, realizando 20 calicatas de 2.0 m de profundidad, para extraer muestras de cada estrato de suelo y determinar sus características físicas y mecánicas (tipo de suelo, ángulo de fricción, cohesión y capacidad portante). Mediante el ensayo de corte directo se pudo calcular la capacidad portante de los suelos empleando la fórmula de Karl Terzaghi, a cuyos valores obtenidos se los dividió entre un factor de seguridad de 3 para obtener su capacidad de carga admisible, con la cual se realizó una zonificación, considerando tres zonas. Zona I, apta para urbanizar, para suelos con capacidad de carga admisible mayor a 1 kg/cm², representada por suelos tipo SM (areno limoso). Zona II, medianamente apta para urbanizar, para suelos con capacidad de carga admisible entre 0.8 kg/cm² y 1 kg/cm², representada por suelos tipo CL (arcilla inorgánica). Zona III, no urbanizable, para suelos con capacidad de carga admisible menor a 0.8 kg/cm², representada por suelos OH (arcilla orgánica), CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) y MH (limo inorgánico de alta plasticidad).

Palabras clave: Expansión urbana, capacidad portante, suelo, zonificación, capacidad de carga admisible, calicata.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the areas suitable for urban expansion based on the bearing capacity presented by the periurban soils of the capital city of the Catilluc district, making 20 pits of 2.0 m depth, to extract samples from each soil stratum. and determine its physical and mechanical characteristics (type of soil, friction angle, cohesion and bearing capacity). Through the direct shear test, the bearing capacity of the soils could be calculated using the Karl Terzaghi formula, the values of which were obtained and divided by a safety factor of 3 to obtain their admissible load capacity, with which a zoning, considering three zones. Zone I, suitable for development, for soils with an admissible load capacity greater than 1 kg / cm², represented by SM type soils (silty sand). Zone II, moderately suitable for urbanization, for soils with an admissible load capacity between 0.8 kg / cm² and 1 kg / cm², represented by soils type CL (inorganic clay). Zone III, undeveloped, for soils with an allowable load capacity less than 0.8 kg / cm², represented by OH soils (organic clay), CH (inorganic clay with high plasticity) and MH (inorganic silt with high plasticity).

Keywords: Urban expansion, bearing capacity, land, zoning, allowable load capacity, pit.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El proceso de crecimiento poblacional que se da en las ciudades provoca grandes efectos en sus ámbitos circundantes. Las complicaciones en los cambios de uso de suelos, creadas por una expansión rápida y no planificada, causan simultáneamente ineficiencia en la gestión del territorio y perjuicios al medio ambiente. Sin embargo, una acertada planificación basada en la forma en que se ocupa el territorio, reduce los conflictos de usos de suelo y organiza la expansión urbana, minimizando la generación de vulnerabilidades ante la materialización de peligros geológicos, geotécnicos o antrópicos. Es por ello que, la realización de estudios técnicos es de preponderante importancia para la correcta ocupación del suelo, desde un punto de vista de la prevención para la ocupación de zonas aptas para urbanizar. Para la realización de esta investigación se tomará como caso al ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, sus políticas vigentes de planificación urbana y sus antecedentes históricos de crecimiento urbano, y uso de suelo.

Actualmente, el 55 % de las personas en el mundo vive en ciudades. Según un nuevo informe de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se estima que esta proporción aumentará hasta un 13 % de cara al 2050, por lo que el desarrollo sostenible dependerá cada vez más de que se gestione de forma apropiada el crecimiento urbano, especialmente en los países de ingresos medios y bajos que son los que liderarán el proceso. El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU ha lanzado un documento que prevé que el 68 % de la población vivirá en zonas urbanas de cara a 2050. La causa reside en que parte de la población mundial desplazará su lugar de residencia de las áreas rurales a las urbanas y, a esta

predicción, se unen las perspectivas de crecimiento demográfico, según las que cerca de 2500 millones de personas adicionales vivirán en las ciudades para esa fecha. Se prevé que este aumento se producirá de forma desigual en términos geográficos y que, además, algunas de las urbes que actualmente presentan un mayor tamaño podría ver reducido su número de habitantes. “La urbanización va a continuar y lo va a hacer más rápido en los países de ingresos bajos y medios” (Organización de Naciones Unidas, 2018).

Una de las cosas más importantes de la expansión urbana es la designación propia de sitios aptos para un apropiado uso del suelo. La selección de sitios aptos para un uso de suelo específico debe estar basada en un conjunto de criterios locales, para asegurar que la tasa máxima de costo-beneficio sea obtenida para la comunidad (Hofstee & Brussel, 1999).

En la Expansión urbana, el sitio puede ser valorado como muy apto para diferentes usos de suelo, los cuales compiten por el mismo sitio, p.e. un centro comercial versus costos bajos de vivienda, o agricultura versus uso recreacional. Las selecciones necesarias son sujeto de la planificación del desarrollo global urbano. Las diversas características de un sitio (p.e. uso actual del suelo, pendiente, disponibilidad de agua, distancia al trabajo, costos de desarrollo), influyen en la aptitud para un uso de suelo específico. Ciertas características pueden conducir a una clase de no-apta para un uso de suelo urbano específico. Por ejemplo, pendientes escarpadas. Valores religiosos (cementerio antiguo), o designación como tierra reservada por el gobierno, puede excluir el uso de ese sitio para el desarrollo, o haciéndolo inútil (Hofstee & Brussel, 1999).

América Latina es la región más urbanizada del mundo en desarrollo. Históricamente, la urbanización en América Latina se basó en grandes ciudades

caracterizadas por un crecimiento demográfico considerablemente superior a la media nacional, y por una expansión física desordenada. Además, hasta los años setenta la urbanización y la concentración en la ciudad más grande (o en las dos más grandes en países como Brasil, Ecuador y Honduras) fue un fenómeno común a la mayoría de países de la región, como consecuencia del modelo de crecimiento hacia adentro y la sobreinversión en la ciudad principal (Rodríguez, 2009).

Durante las últimas décadas América Latina ha experimentado un acelerado proceso de urbanización. Hoy en día, alrededor del 80% de los latinoamericanos viven en zonas urbanas. En Asia es sólo del 50%, mientras que en África escasamente llega al 40%. Esto hace de Latinoamérica la región más urbanizada del mundo desarrollado. Y, por tanto, también donde los desafíos de un mundo cada vez más urbano se hacen más apremiantes. Como es evidente, el crecimiento acelerado y centralizado de las ciudades trae como consecuencia en la mayoría de los casos, una urbanización poco planificada, desordenada, y con grandes deficiencias en infraestructura, principalmente. Deficiencias que se traducen en serios y apremiantes problemas de congestión, segregación y degradación medioambiental (Giorgi, 2017).

La toma de conciencia acerca de la importancia del proceso de expansión urbana en América Latina se inicia a partir de la concentración de un sinnúmero de "síntomas" en las áreas metropolitanas, lo que más tarde pasará a tener categoría de "problema". Son los "efectos" espaciales, sociales y económicos del proceso de urbanización, tales como los déficits de vivienda, de servicios sociales básicos y de transporte que, unidos a la falta de estructuración urbana, a la congestión, a la contaminación ambiental y especialmente a la situación del empleo, configuran el cuadro de la llamada "crisis urbana". Muchos de estos elementos concurren en la aparición de expresiones ecológicas tales como las barriadas de tugurios, favelas o poblaciones

marginales, que inicialmente llevan a centrar la atención de los gobiernos en el fenómeno de la urbanización en América Latina. A partir de los efectos críticos del llamado "problema de la expansión urbana" en América Latina, comienzan a examinarse sus componentes, a relacionarse las variables explicativas intervinientes en el proceso y a cimentarse las bases de una teoría de la urbanización en países en desarrollo, que incorpora los aspectos políticos, económicos, sociales, culturales, demográficos, históricos y geográficos del fenómeno. Una de las dimensiones de este proceso es aquella que lo vincula con la ocupación del territorio y, por lo tanto, con la redistribución espacial de la población y de las actividades en los estados-naciones y en las regiones de América Latina (Gatica, 1975).

España es un país montañoso, al tiempo que dispone de extensas áreas de baja altitud debido a la longitud de su costa, casi 8.000 km, y depresiones importantes como la del Ebro o la del Guadalquivir. En promedio, la altitud media de la península excede los 600 mts. Un 17% de municipios, 1.351, ocupando una superficie del 15% del total, presentan una altitud media que no supera los 200 mts. En estos municipios ya residía algo más de un tercio de la población española en 1900 (35%), lo que representaba unos 6,5 millones de habitantes, sin embargo, en 2011 más de la mitad de la población (52%), se localizaba en dichos municipios, casi 25 millones de habitantes, lo que supone que la población en esta franja de altura se ha multiplicado por 3,7. Esta concentración de la población en los valles no ha dejado de crecer a lo largo de todo el siglo XX y la primera década del siglo XXI (Carlos Albert Pérez, Juan Carlos Robledo Domínguez, 2020).

Colombia, como muchos de los países de América Latina vienen presenciando un proceso acelerado de expansión urbana de su población en las áreas periurbanas. En algo más de cinco décadas pasó de ser un país eminentemente rural, en el que más de

dos tercios de su población se localizaba en áreas rurales ya sea de forma dispersa o en pequeños poblados que no alcanzaban a tener una configuración urbana, a ser un país sustancialmente urbano, con casi tres cuartos de su población concentrada en las ciudades. En Colombia, en buena parte de las ciudades grandes e intermedias, el crecimiento se ha desbordado hacia municipios y áreas rurales circundantes que, en ausencia de planeación y de concertación de intereses con la ciudad central, tienden a convertirse en ciudades dormitorio, en relevo de los barrios periféricos en la recepción de migrantes, y en algunos casos en simple extensión de los cordones de pobreza de la ciudad principal. El futuro de Colombia es cada vez más urbano. Se prevé que en el año 2019 el 77% de la población estará localizada en áreas urbanas, prácticamente todo el crecimiento neto de la población del país hasta ese año tendrá lugar en dichas áreas y estará constituido por un total de 10 millones de habitantes urbanos nuevos (UNFPA, 2017).

Chile ha experimentado, en sus ciudades intermedias, procesos y patrones de crecimiento similares a los registrados en las metrópolis del país, aunque las superficies de expansión urbana son naturalmente proporcionales a sus tamaños. Ello obedece a que las causas que explican el rápido crecimiento de las ciudades chilenas pueden ser advertidas a diferentes escalas de análisis. Entre dichas causas destaca el despliegue del capital industrial, financiero e inmobiliario hacia las regiones del país, lo que ha consolidado las especializaciones productivas de las ciudades intermedias chilenas como parte de la rápida y compleja inserción al comercio global que ha experimentado el país en las últimas décadas. Chillán y Los Ángeles representan a ciudades que han concentrado las inversiones asociadas a la industria forestal, uno de los pilares de las transformaciones socio económicas y ambientales registradas en Chile. Las ciudades chilenas se caracterizan por una generalizada segregación

socioespacial de sus habitantes, que está determinada por las significativas diferencias de ingresos económicos de sus diversos estratos poblacionales. Las diferencias de ingreso controlan no sólo la localización de los habitantes de la ciudad en aquellos vecindarios que corresponden exclusivamente a niveles determinados de renta, sino que también los tamaños y estado de las viviendas, la presencia y calidad de los equipamientos urbanos, los niveles de criminalidad y seguridad ciudadana, la disponibilidad de áreas verdes y, consecuentemente, la calidad del medio ambiente urbano. El mosaico de paisajes urbanos denota la existencia de una segregación socio-ambiental, por la cual los paisajes ecológicos, terminan también por reflejar el nivel de ingreso de los habitantes. Ello es especialmente significativo cuando la planificación de los usos de los suelos, la limitación geográfica de la urbanización y la evaluación de impacto ambiental de los instrumentos de gestión territorial y de los proyectos inmobiliarios han visto reducida su importancia en beneficio de las decisiones dirigidas por el libre mercado, como sucede en Chile (Romero y Vásquez, 2009).

En Perú, se ha producido una creciente expansión urbana caracterizada por un centralismo en su mayoría de tipo económico y político, que ha incrementado la migración de la población del campo a la ciudad, tratando de buscar una mejor calidad de vida, ocupando áreas, no aptas para la habitabilidad, a su vez deteriorando los recursos naturales, viviendo muchas veces en condiciones peores del lugar de procedencia (Lopez, 2013).

Para los gobiernos del Perú la expansión urbana progresiva de los barrios populares y la edificación paulatina de sus viviendas no son dignas de consideración (ni siquiera admiten que esta población consume enormes cantidades de materiales de construcción y mano de obra), pues ello no corresponde al interés de las empresas

que controlan los aparatos administrativos y de gestión de los ministerios, las cuales son las normales ganadoras de las licitaciones públicas de obras. Se sabe bien que las municipalidades provinciales y los gobiernos locales, en general, se encuentran maniatados ante los enormes retos de desarrollo urbano que enfrentan sus ciudades. La falta de recursos locales para las grandes inversiones que requieren las hacen depender de las decisiones sobre inversiones públicas promovidas por las autoridades nacionales o de emprendimientos públicos-privados, que merecen mejor el nombre de públicos-privados (García, Santa Cruz, Rubio y Marces, 2015).

A consecuencia de que, en el Perú, los poderes del Estado y los recursos públicos están centralizados, se muestra a las municipalidades provinciales y los gobiernos locales débiles y frecuentemente cómplices de la mala gestión urbana que emprenden (falta de nuevos y adecuados planes urbanos que sirvan para toda la ciudad y no solamente las inversiones concebidas, promovidas y ejecutadas desde fuera). Y esto ocurre en medio de una crisis de consolidación y expansión urbana desordenada de nuestras ciudades intermedias, cuando precisamente se hace necesario reorientar el desarrollo urbano en función de los intereses de todo el tejido de la ciudad y las zonas rurales que enlazan (García, Santa Cruz, Rubio y Marces, 2015).

En el Perú, la importancia de lograr procesos de expansión urbana seguros, se traduce en tener ciudades sostenibles a nivel de todo el territorio nacional, bajo un concepto que nace en la visión por construir lugares seguros, donde vivir acorde con las reales necesidades humanas y en armonía con la naturaleza. No es ni será correcto mantener ciudades inseguras, que crezcan al borde de la planificación, sistematización y planeamiento estratégico, con vicios coyunturales, destruyendo el normal desarrollo humano y natural, convirtiendo los espacios geoeconómicos en libertad censurable de dominio del territorio. Puesto que los niveles de peligrosidad no sólo dependen de

los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo su localización en riberas de los ríos y quebradas activas, rellenos sanitarios, cercanía a fallas geológicas, etc. (exposición), así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural (resiliencia). Se vuelve sustentable entonces el criterio de ordenamiento territorial urbano, planeando la expansión urbana horizontal y vertical de las construcciones, buscando siempre los lugares que tengan la menor o ninguna peligrosidad para sus moradores. (García, Santa Cruz, Rubio y Marces, 2015).

En Cajamarca, la expansión urbana de la ciudad, durante los últimos 12 años, se ha visto caracterizada por la constante migración poblacional de los centros poblados hacia la provincia, además de la creciente movilidad de personas en tránsito como de asentamiento definitivo en la capital, debido a la explotación minera en gran parte de la región, ha creado un importante impulso en los últimos años al proceso de expansión urbana, al ofertar fuentes de trabajo, demandar servicios, comercio y transporte, entre otros requerimientos. Fue así como el Centro Histórico sufrió un incremento poblacional totalmente desproporcionado y fuera de su capacidad, las viviendas en su gran mayoría construcciones de tapial o adobe y con una antigüedad promedio de más de 80 años se han visto empujadas a convertirse en hostales, centros comerciales, restaurantes, centros de diversión, funciones para las cuales no fueron construidas ni están preparadas. Además, en toda el área periurbana de la ciudad de Cajamarca la demanda del uso de suelo para vivienda unifamiliar, multifamiliar y condominios, también se ha incrementado de manera exponencial, dando lugar a la degradación del suelo agrícola y ganadero, para dar paso en la mayoría de los casos

a la constitución de habilitaciones urbanas informales e inseguras. (Rodríguez, Huamán, Marchena y Colina, 2003)

En la expansión urbana de un territorio, la zonificación de la capacidad portante de los suelos, como herramienta de la rama ingenieril de la geotecnia, permite realizar una sectorización de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, las cuales sirven como base para la realización de obras de edificación y urbanismo. Ya que para la realización de cualquier tipo de obra de ingeniería no basta con conocer teorías fundamentales, métodos de ensayo o estimación de posibles errores, sino precisa que uno debe poseer la experiencia necesaria a través de las prácticas por medio de observaciones en las obras, para poder llevar a una realidad nuestros conocimientos teóricos y empíricos.

Chafloque & Caballero (2016) encontraron que, la situación actual del Distrito de Chiclayo en cuanto al Ordenamiento Urbano, ha sufrido transformaciones urbanas, donde la densidad del territorio fue creciendo de una manera desordenada, tales causas fueron el fenómeno migratorio y la falta de un plan de desarrollo urbano. Según la teoría de Christaller “lugares centrales” el distrito de Chiclayo debió de crecer de manera jerarquizada, es decir subdividiendo los diferentes sectores económicos con la población del mismo distrito en anillos de mayor a menor importancia, teniendo en cuenta la estructura urbana a crear. Por ejemplo: mala ubicación de los centros comerciales a generado hacinamiento, congestión vehicular y crecimiento del comercio ambulatorio.

Alva & Gonzales (2015) encontraron que, el suelo de la zona en estudio a una profundidad de 1.50 m presenta una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.19 Kg/cm² a 2.03 Kg/cm², y los siguientes tipos de suelos: Limo arenoso (ML), arcilla ligera arenosa (CL), arena limosa (SM), limo elástico arenoso (MH), arenas

arcillosas (SC), arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad (OL), suelo orgánico con arena (OH), gravas arcillosas (GC) y arenas densas arenosas (CH).

Ravines (2017) encontró que, “hay una diferencia entre las capacidades portantes obtenidas por el método DPL, con una variación entre 0,53 y 1.20 kg/cm² y el número de golpes varía entre 7 y 16 respectivamente; y por el método de corte directo determinó que, la variación de la capacidad portante está entre 0,84 y 0,96 kg/cm²”.

Como autores de la presente investigación, los antecedentes mencionados en los párrafos anteriores, nos han permitido entender de una manera integral la importancia de desarrollar una evaluación en conjunto del aspecto geotécnico y demográfico para una correcta planificación urbana del territorio, dentro de un contexto de expansión urbana segura. Los resultados y conclusiones a las que han llegado los mencionados autores, demuestran que, la gestión prospectiva debe primar en todos los niveles de gobierno para así desarrollar políticas adecuadas que conlleven a proteger la vida humana y los recursos materiales que las personas poseen dentro de un territorio. Sólo conociendo nuestro entorno, desde un punto de vista técnico e ingenieril, podremos planificar el futuro urbano de las ciudades. No es ni será correcto mantener ciudades inseguras, que crezcan al borde de la planificación, sistematización y planeamiento estratégico, con vicios coyunturales, destruyendo el normal desarrollo humano y natural, convirtiendo los espacios geoeconómicos en libertad censurable de dominio del territorio. Se vuelve sustentable entonces el criterio de ordenamiento territorial urbano, planeando el crecimiento horizontal y vertical de las construcciones, buscando siempre los lugares que tengan la menor o ninguna peligrosidad para sus moradores.

Entre las principales entidades que han desarrollado investigaciones relacionadas a la expansión urbana segura dentro de la región Cajamarca, se encuentran el INDECI

y la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), que durante el año 2001 firmaron un convenio marco para desarrollar el Programa de Ciudades Sostenibles – 1° Etapa y a la vez suscribieron el convenio específico entre ambas instituciones para ejecutar el Proyecto: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, el cual estuvo orientado a definir zonas aptas para urbanizar desde un punto de vista de la geotecnia, la planificación urbana estratégica y la gestión del riesgo de desastres.

La Municipalidad Provincial de Cajamarca ha elaborado el “Plan de Desarrollo Urbano de Cajamarca” 2016 – 2026 (PDU), el cual constituye un instrumento de gestión de carácter técnico - normativo importante (además de indispensable para cumplir con lo estipulado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) para el accionar de la municipalidad de la provincia de Cajamarca.

El gobierno regional de Cajamarca elaboró en diciembre del año 2010, el Plan de Desarrollo Regional Concertado (PDRC) al 2021, aprobado con Ordenanza Regional N° 016-2010-GRCAJ-CR, el cual fue diseñado en función de la realidad actual del departamento de Cajamarca y del país, en base a conceptos modernos sobre políticas públicas, plasmándose en dicho documento, la implementación de los programas y acciones para lograr los objetivos estratégicos conducentes a la visión de desarrollo al 2021, bicentenario de la independencia del Perú.

El distrito de Catilluc, ha venido experimentando en los últimos diez años un proceso de expansión urbana considerable, a comparación de décadas pasadas. Este crecimiento se ve reflejado en la gran expansión demográfica y constructiva que se ha dado, sobre todo en la parte noreste, este y sureste de la ciudad. A la fecha este crecimiento se ha venido dando de manera desordenada, evidenciando la presencia de viviendas que en varios sectores del casco urbano consolidado se encuentran obstaculizando la correcta proyección de vías de circulación; y en otros, las manzanas

y lotes, no se encuentran delimitados. Es así que, este crecimiento se ha venido dando sin considerar ningún criterio o instrumento técnico para la correcta ocupación y uso del suelo acorde a sus características geotécnicas, llegando a ocupar suelos de fundación de mala calidad, en su mayoría suelos orgánicos, que además presentan características adversas para la cimentación de infraestructura urbana, puesto que, en diversas partes del área de expansión, además se ha evidenciado la presencia de filtraciones de agua, las cuales han originado asentamientos diferenciales del terreno. El desconocimiento de las características geotécnicas y capacidad portante de los suelos del ámbito periurbano del distrito de Catilluc, ha conllevado a urbanizar zonas que resultan ser no aptas para el uso como suelos de fundación para viviendas, generando así una serie de vulnerabilidades a consecuencia de la exposición ante la materialización de asentamientos del terreno, deslizamientos, filtración de agua, reptación de suelos, etc. Es por ello que el principal problema que se evidencia a nivel del ámbito periurbano del distrito de Catilluc, es que las personas que radican en esta ciudad y que desean construir sus viviendas, no saben qué zonas presentan un suelo de fundación con características geotécnicas y capacidad portante aptas para urbanizar de manera segura.

Lo que se pretende investigar es la expansión urbana que se puede dar en función a la capacidad portante que presentan los suelos en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito capital Catilluc, provincia de San Miguel, región Cajamarca, esto con la finalidad de poder realizar una zonificación que permita establecer zonas aptas para urbanizar. Es necesario fundamentar a través de esta investigación, que la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos son estudios básicos necesarios para determinar los diseños estructurales de cimentaciones superficiales adecuados de acuerdo al tipo de suelo que pueda haber en esta zona.

Esta investigación puede ser utilizada como base referencial para proyectos de construcción futuros, dejando claro que la información obtenida sea una alternativa de solución ante tanta construcción informal y crecimiento desordenado que se da en este lugar.

1.2. Antecedentes de la investigación

“Zonificación geotécnica del Barrio Centro del Distrito de Picota, Provincia Picota - Región San Martín”

Realizar la zonificación geotécnica de los suelos del Barrio Centro del distrito de Picota según el área delimitada, provincia Picota – región San Martín (p. 21). El análisis se desarrolló en base a los trabajos de campo que fue realizado mediante los 18 puntos de exploración a cielo abierto, asimismo con la información recopilada de los ensayos de laboratorio, de campo y de gabinete, se pudo realizar una zonificación geotécnica del Barrio Centro del distrito de Picota (p. 104). Se concluyó con una zonificación geotécnica de las características mecánicas, tomando en cuenta únicamente la característica mecánica de capacidad admisible; determinándose tres (03) zonas: Zona I ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$), con un promedio de carga admisible de 1.155 kg/cm^2 , se considera como zona urbana. Zona II ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$), con un promedio de carga admisible de 0.861 kg/cm^2 , se considera como zona apta para urbanizar, implementando zapatas rectangulares superficiales desplantadas a 1.50 m de profundidad mínima, conectadas con vigas y/o plateas de cimentación. Zona III ($q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$), con un promedio de carga admisible de 0.647 kg/cm^2 , se considera como zona no urbanizable (p.111). La presente investigación nos aporta en cómo realizar una zonificación de las características

mecánicas del suelo considerando la división de zona por su capacidad admisible de carga: Zona I ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$), Zona II ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$) y la Zona III ($q_{adm} < 0.80 \text{ kg/cm}^2$), con lo cual podremos determinar zonas aptas y no aptas para urbanizar (Córdova, Y. y Montalvan, C., 2017).

“Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto - Sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca”.

Obtener la capacidad portante del suelo existente en la zona, haciendo uso de la fórmula de Terzaghi y los parámetros característicos del suelo (p. 14). Mediante tablas se determinó la cohesión y ángulo de fricción interna de los tipos de suelos, encontrados en función a la clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS) (p. 60). Como resultado de la zonificación por capacidad portante del suelo a una profundidad de 1.50 m se tuvo 04 zonas (p. 65). ZONA I, compuesta por suelos orgánicos con arena (OH), arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad (OL), limo elástico arenoso (MH), con capacidad admisible de diseño entre 0 a 0.50 kg/cm^2 , esta zona presenta baja capacidad portante. ZONA II, compuesta por suelos arcillo arenosos (CL), arcillas densas arenosas (CH), limo arenoso (ML), con capacidad admisible de diseño entre 0.5 a 1.0 kg/cm^2 , esta zona presenta baja capacidad portante. ZONA III, compuesta por suelos areno limosos (SM), arenas arcillosas (SC), con capacidad admisible de diseño entre 1.0 a 1.50 kg/cm^2 , esta zona presenta una capacidad portante media. ZONA IV, compuesta por suelos de gravas arcillosas (GC), con capacidad admisible de diseño entre 2.0 a 2.5 kg/cm^2 , esta zona presenta capacidad portante alta (p. 68 y 69). La presente

investigación nos aporta en cómo aplicar correctamente la clasificación de suelos SUCS, para posteriormente hacer uso de tablas de los parámetros característicos del suelo, en función de su granulometría, límites de Atterberg, peso específico, humedad natural y proctor modificado para el cálculo de la capacidad portante del suelo, con la cual se puede elaborar los planos de zonificación geotécnica (Briones, M. y Irigoín, N., 2015).

“Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra - 2017”

Determinar la capacidad portante y demás características del suelo, que permita elaborar un mapa de zonificación y usos de suelos de la localidad de Juan Guerra (p. 23). Para la investigación efectuada, se procedió a la ubicación de los puntos a explorar mediante pozos a cielo abierto (calicatas), para luego realizar la extracción, colección y transporte de muestras hacia el laboratorio, donde se procedió a realizar los ensayos de caracterización y determinación de los parámetros geotécnicos y determinar la capacidad admisible de carga del suelo (p. 193). Se determinaron 04 zonas geotécnicas: ZONA I, suelos con capacidad admisible de carga promedio de 0.74 kg/cm², y con características expansivas por lo tanto se presentarían asentamientos diferenciales y problemas de dinámica de suelos. ZONA II, con capacidad admisible de carga promedio de 1.00 kg/cm², el fenómeno de licuefacción se podría presentar en forma aislada, por lo tanto, se presentarían asentamientos diferenciales. ZONA III, suelos con capacidad admisible de carga promedio de 0.90 kg/cm². ZONA IV, suelos con capacidad admisible de carga promedio de 0.85 kg/cm² (p. 195 y 196). También se determinaron cuatro (04) zonas en función a la capacidad admisible encontrada: Zona de Alta Capacidad admisible, la capacidad

portante del terreno se encuentra entre 0.90 kg/cm² a 1.20 kg/cm². Zona de Media Capacidad admisible, la capacidad portante del terreno es de 0.74 kg/cm² a 0.90 kg/cm². Zona de Baja Capacidad admisible, suelos cuya capacidad portante del terreno sea menor de 0.35 kg/cm² (p. 197). La presente investigación nos aporta en cómo realizar la determinación más óptima y adecuada de la capacidad portante del suelo; para así brindar estabilidad y seguridad a todo tipo de estructura obteniendo como resultado final un mapa de zonificación geotécnica, con el cual, poder establecer zonas aptas para urbanizar. (Rosales, 2017)

“Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia La Matriz del Cantón Patate Provincia de Tungurahua”

Establecer la zonificación en base a la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia La Matriz del Cantón Patate, provincia de Tungurahua. Se elaboró una tabla que contenga toda la información del estudio de suelos que servirá para determinar la zonificación de la parte urbana de la ciudad. De los estudios de suelos realizados para el trabajo de investigación, se han considerado 7 zonas de estudio con el que se obtuvo características variables en cuanto a clase y resistencia de suelo de cimentación (p. 35). El 81% del área de estudio posee una capacidad admisible mayor a 1.5 kg/cm² (15 ton/m²), y un 19% del área posee una capacidad admisible baja equivalente a 1.0 kg/cm² (10 ton/m²) (p. 46). Se concluyó que en los suelos que presentan capacidad admisible superior a los 3 kg/cm² (30 ton /m²), las cimentaciones serán estables y seguras con un nivel de desplante de 1.50. En las zonas donde el suelo presenta una capacidad admisible sobre 1.5 kg/cm² (15 ton /m²), sus cimentaciones serán

construidas dentro de los parámetros máximos. Y en la zona con capacidad admisible baja, equivalente a 1.08 kg/cm^2 (10.8 ton/m^2) y con presencia de nivel freático, se propone un mejoramiento de suelo y un sistema de drenaje con la construcción de una cimentación reforzada para evitar asentamientos diferenciales o problemas futuros (p. 137). La presente investigación nos aporta en cómo establecer parámetros de zonificación para la ejecución de cualquier proyecto a construirse o mejora de las estructuras existentes para así tomar decisiones del tipo de cimentación a utilizar y hasta qué profundidad se debe cimentar; dependiendo de la capacidad admisible del suelo. (Castillo, 2017)

“Zonificación de la capacidad portante del suelo en el asentamiento humano San Juan – distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín”

Elaborar un mapa de zonificación de la capacidad portante del suelo en el Asentamiento Humano San Juan – distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín. Se ha optado por aplicar la teoría de Karl Terzaghi, señalado por Braja M. Das (2012, pg. 133 – 141), para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas $1.00 \times 1.00 \text{ m}$, ya que esta teoría nos proporciona resultados más seguros, es decir nos permite trabajar en el caso más desfavorable al momento de proyectar una cimentación, debido a que los valores de la capacidad portante que se obtiene al aplicar esta teoría son menores. Se realizó la zonificación de capacidad portante de acuerdo a los valores obtenidos mediante el cálculo, se identificaron 02 zonas (Zona I y Zona II), la Zona I abarca valores que se encuentran dentro del rango de $1.00 - 1.45 \text{ Kgcm}^2$, y la Zona II abarca los siguientes valores dentro del rango de $1.50 - 2.00 \text{ Kgcm}^2$, se hizo esta metodología con el único fin de poder unir cada una

de las calicatas que contengan resultados similares (p. 132). Las Zonas I y II de acuerdo a sus valores de capacidad portante son considerados de condición habitable, o también podemos interpretarlo de la siguiente manera, son las más adecuadas desde el punto de vista geotécnico con fines de cimentación (p. 133). La presente investigación nos aporta en cómo realizar una zonificación en base a la capacidad portante del suelo, y así diseñar las cimentaciones para suelos que presentan una capacidad portante de condición habitable, estableciéndose que deberán ser zapatas cuadrangulares por considerarse un suelo duro de acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg, presentando valores de un índice de consistencia (Ic) mayores de 1.00. (Velayarce, 2018)

“Microzonificación sísmica de las ciudades de Moyobamba, Rioja y Soritor”

Establecer las áreas susceptibles de sufrir daños sísmicos por efecto de las condiciones locales del suelo. Para realizar este trabajo se recopiló toda la información geológica y sismológica existente en la zona en estudio, con la cual se planificó un trabajo de exploración de suelos que fuese el más adecuado y con este criterio realizar los ensayos de campo en la cantidad necesaria, y distribuirlos los más adecuadamente posible (p. 67). Se efectuaron ensayos de laboratorio y posteriormente se evaluaron los datos obtenidos, todo lo cual permitió conocer el comportamiento estático y dinámico del suelo de la ciudad en estudio, lo que constituye finalmente la Microzonificación Sísmica (p. 88). Manifiesta en una de sus conclusiones, para que los suelos sean considerados de condición habitable, el valor de la capacidad de carga admisible debe estar en el rango de 0.50 – 1.50 kg/cm², y para que un suelo esté en condiciones críticas, el valor de la capacidad de carga admisible debe ser inferior a 0.50 kg/cm² (p, 120). La presente investigación nos

aporta en cómo establecer parámetros de zonificación de las zonas que son habitables y de las que presentan condiciones críticas, que serían no aptas para urbanizar. (Lara, 1994)

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Expansión urbana

La expansión urbana es el incremento de la mancha urbana en zonas periféricas de una ciudad, las cuales cambian su uso para el establecimiento de nuevos asentamientos, como parte del proceso de transformación rural-urbano, el cual, 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. La expansión urbana 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 las 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. La identificación del peligro (amenaza), el análisis de las vulnerabilidades y el cálculo del riesgo son elementos fundamentales para la evaluación de riesgo, y ser tomadas en cuenta en diferentes temas, tales como la planificación de nuevas áreas para ser urbanizadas. (Collazos, 2005)

1.3.2. Zonificación

Según el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres define que una zonificación es el estudio de una determinada área para determinar las propiedades del tipo de suelo que se encuentre allí, siendo primordial este tipo de investigación para el desarrollo de diseños estructurales en cualquier obra de construcción.

La zonificación se concibe, en la práctica del planeamiento, generalmente como un esquema de subdivisión de un área urbana con propósito de regular sus usos, la densidad de población, tamaño de lotes, tipo de estructuras etc. La zonificación es uno de los diversos dispositivos legales empleados para implementar las propuestas de urbanización establecidas en un plan urbano. El plan de usos del suelo trata del uso del suelo y de la intensidad de esos usos, pero en forma generalizada, constituyendo un pre requisito para la zonificación. De esta manera no existe zonificación que sea integral y de contenido sólido y firme que no está basada en un plan de usos del suelo (MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JUAN BAUTISTA, 2008).

1.3.3. Suelo

La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses, para el Agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el Ingeniero. Para el Geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie. (Badillos, 1974)

La mayor parte de suelos que cubren la corteza terrestre son el resultado de procesos de meteorización de rocas preexistentes formadas a partir de la erosión del macizo rocoso, y la acción de procesos de meteorización (mecánicos, químicos o biológicos).

La acción antrópica toma un papel fundamental en los procesos geológicos que

afectan el entorno natural, cuando se realizan excavaciones, explanaciones, rellenos de quebradas, la respuesta a estas alteraciones del medio natural el terreno, depende de su constitución y las características físicas y mecánicas que posee. (Badillos, 1974)

Los suelos residuales se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan in situ. Si la velocidad de descomposición, se produce una acumulación de suelo residual. Entre los factores que influyen sobre la velocidad de alteración en la naturaleza de los productos de meteorización están el clima (temperatura y lluvia), el tiempo, la naturaleza de la roca original, la vegetación, el drenaje y la actividad bacteriana. Los suelos residuales suelen ser más abundantes en zonas húmedas, templadas, favorables al ataque químico de las rocas y con suficiente vegetación para evitar que los productos de meteorización sean fácilmente arrastrados. (Muelas, 2015)

Después de que las partículas se han formado y han sido transportadas se depositan para formar un suelo sedimentario. Las tres causas principales de este depósito en el agua son la reducción de la velocidad, la disminución de la solubilidad y el aumento de electrolitos. Cuando una corriente de agua desemboca en un lago, océano, etc., pierde la mayor parte de su velocidad. Disminuye así la fuerza de la corriente y se produce una sedimentación. (Muelas, 2015)

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico (Whitman, 1972).

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó y da origen a un suelo residual: en caso contrario, forman un

suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad: talud; por agua: aluviales o lacustre; por viento: cólicos; por glaciares: depósitos glaciales) (Whitman, 1972).

En cuanto a los suelos orgánicos, ellos se forman casi siempre in situ. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus o de materia no descompuesta, o en su estado de descomposición, es tan alta con relación a la cantidad de suelo inorgánico que las propiedades que pudiera derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas, en las cuales los restos de vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidos con el nombre genérico de turbas. Se caracteriza por su color negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran comprensibilidad y porosidad. La turbe es el primer paso de la conversión de materia vegetal en carbón. (Whitman, 1972)

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos, en las márgenes y en los conos de deyección de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos rellenados por el acarreo de los ríos, y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62cm (3") hasta 2.0 mm. (Whitman, 1972)

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la desintegración de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2mm y 0.05mm de diámetro. El origen de la existencia de las arenas análoga a

la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos comprensibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea (Whitman, 1972).

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su comprensibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar. (Whitman, 1972)

Se da el nombre de arcillas a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en formar laminar. (Whitman, 1972)

1.3.4. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System (USCS), fue presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar suelos con tamaños

menores de tres (3) pulgadas; se representa mediante un símbolo con dos letras, (Das, 1999).

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N°. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos. Esta clasificación divide los suelos en:

- **Suelos gruesos.** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N°4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.
- **Suelos finos.** El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $Ll = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compresibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compresibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

- **Suelos orgánicos.** Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno para cimentación.

Tabla 1 *Símbolos utilizados en la clasificación SUCS*

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien grada	W
Arena	S	Pobrementemente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: (Geología publicaciones, 2019)

1.3.5. Ángulo de fricción

Se denomina ángulo de fricción o de reposo al ángulo máximo con que un montículo de suelo se mantiene estable sin que se produzca una falla por deslizamiento. Esta es una propiedad del suelo que está determinada por la fricción, cohesión y forma de las partículas. Cuando material granular es vertido lentamente sobre una superficie horizontal, este fluye formando un montículo en que la superficie libre va fallando intermitentemente hasta que el proceso se detiene y se forma una pendiente estable. Así, el ángulo de reposo corresponde al ángulo formado entre la superficie inclinada del montículo y la base y se obtiene por medición directa o midiendo el diámetro y altura del montículo de arena. (Revista de la construcción, 2010)

1.3.6. Asentamiento inmediato

“Asentamiento inmediato, provocado por la deformación elástica del suelo seco y de suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de agua. Los cálculos

de los asentamientos inmediatos se basan, generalmente, en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad” (Das, 2001).

1.3.7. Cohesión

“Es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas” (Cuadros y Montenegro, 2015).

1.3.8. Caracterización geotécnica

“La caracterización geotécnica consiste en determinar la composición y propiedades físicas, mecánicas, hídricas, químicas del terreno donde se proyecta una obra o se extrae material para construcción” (Diaz, 2012).

1.3.9. Capacidad portante

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

- Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.
- Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma. (Wikipedia, 2020)

1.3.10. Capacidad de carga última

Se puede definir la capacidad admisible de carga o carga última, como la carga por área unitaria de la fundación bajo la cual ocurre la falla por corte en el suelo. La capacidad última de carga es un parámetro muy importante que estima la resistencia de apoyo del suelo, para el diseño de fundaciones. Siendo esta no solo una propiedad del tipo de suelo, también lo es de las condiciones en que se encuentra como ser su grado de compactación, humedad, etc. (Barbat y Bozzo, 2000)

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones superficiales, la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad D_f de la cimentación es menor que o igual al ancho de la misma, sin embargo, investigadores posteriores a sugerido que cimentaciones con D_f igual a 3 veces el ancho de la cimentación se definen como cimentaciones superficiales. (Das, 1999)

Braja (1999) sostiene lo siguiente: Considere una cimentación continua (es decir, la longitud es teóricamente infinita) que descansa sobre una superficie de una arena densa o suelo cohesivo rígido, con una anchura B . Ahora, si la carga se aplica gradualmente a la cimentación, el asentamiento aumentará. Cuando la carga por unidad de área (q) es igual a q_u , puede ocurrir una falla repentina del suelo que soporta la cimentación y la superficie de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno. Esta carga por unidad de superficie que, se conoce generalmente como capacidad última de carga de la cimentación, se calculará en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 1 *Capacidad de carga última para cimentaciones continuas*

$$q'_c = \frac{2}{3} CN'_c + \gamma DfN'_q + 0.5\gamma BN'_\gamma$$

Dónde:

q'_c = Capacidad de carga límite.

C = Cohesión del suelo.

γ = Peso específico del suelo.

Df = Profundidad de desplante de la cimentación. B = ancho transversal de la cimentación.

N'_c , N'_q , N'_γ = Factores de capacidad de carga. Se obtienen del ángulo de fricción interna ϕ .

Ecuación 2 *Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas*

$$q'_c = 0.867 CN'_c + \gamma DfN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$$

Dónde:

q'_c = Capacidad de carga límite.

C = Cohesión del suelo.

γ = Peso específico del suelo.

Df = Profundidad de desplante de la cimentación. B = ancho transversal de la cimentación.

N'_c , N'_q , N'_γ = Factores de capacidad de carga. Se obtienen del ángulo de fricción interna ϕ .

1.3.11. Ensayo de corte directo

Este ensayo determina las propiedades físicas de los suelos como son: el ángulo de fricción interna y la cohesión, que nos permite determinar la capacidad portante del suelo. Esta prueba es conveniente para la determinación relativamente rápida de las propiedades de resistencia consolidada debido a que las trayectorias de drenaje a través del espécimen son cortas, en consecuencia, permiten que el exceso de la

presión de poros sea disipado más rápidamente que con otras pruebas de resistencia drenada. (Fernandez G, 2015)

1.3.12. Demografía

La demografía es una ciencia que estudia estadísticamente las poblaciones humanas, su dimensión, estructura, evolución y características generales, así como los procesos concretos que determinan su formación, conservación y desaparición. Tales procesos son los de fecundidad, mortalidad y migración. La variedad de combinaciones de estos fenómenos, interdependientes entre sí, supone la velocidad de las modificaciones de la población, tanto en sus dimensiones numéricas como es su estructura poblacional. (Bacci, 1981)

1.3.13. Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional o tasa de crecimiento demográfico (PGR de las siglas en inglés: Population growth rate) es la tasa que indica el crecimiento o decrecimiento de la población. Específicamente, la tasa de crecimiento demográfico se refiere ordinariamente al cambio en la población durante un período expresado a menudo como un porcentaje del número de individuos existentes en un país o lugar a fines de un año sobre la población inicial en el mismo año. También puede referirse a la diferencia entre la tasa de natalidad de un país menos la tasa de mortalidad, datos obtenidos anualmente en cada país a través de la información obtenida del número anual de nacimientos y de defunciones obtenida del Registro civil de cada país. (Wikipedia, 2021)

Puede expresarse bajo la siguiente ecuación:

Ecuación 3 Tasa de crecimiento

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{(poblacion\ al\ final\ del\ periodo - poblacion\ al\ principio\ del\ periodo)}{Poblacion\ al\ principio\ del\ periodo}$$

1.3.14. Factores que influyen en el crecimiento poblacional

El equilibrio en una población puede ser afectado por diversos factores:

- La fertilidad de las mujeres en edad reproductiva o la abundancia de la reproducción en cualquier especie biológica. A medida que aumenta la fecundidad, la tasa de natalidad aumenta, lo que aumenta el crecimiento poblacional. La fecundidad tiene una relación inversa con el nivel de educación de la población de un país. En países desarrollados, donde las mujeres tienen las mismas oportunidades educativas y laborales que los hombres, la fertilidad de las mujeres tiende a disminuir, esto se hace evidente en la mayoría de países europeos.
- La mortalidad se mide por la cantidad de personas que mueren en un lugar en un período determinado en relación con el total de la población. A medida que aumenta la economía en un país, el sistema de salud aumenta, lo que disminuye la mortalidad de la población.
- Las migraciones suponen dos hechos distintos con referencias espaciales correspondientes al lugar de destino y al lugar de origen y puede ser repetible y reversible. La inmigración podría mejorar la economía de un país ya que la mayoría de migrantes pertenecen al rango de población económicamente activa. Por el contrario, la emigración tiene a disminuir el grupo de población económicamente activa de un país, pudiendo afectar el producto interno bruto del país que abandona.

1.3.15. Geoestadística

La geoestadística es la rama de la estadística especializada en el análisis y la modelización de la variabilidad espacial de fenómenos que tienen una componente espacial, es decir, de los cuales pueden obtenerse datos referidos a localizaciones específicas mediante coordenadas. Las aplicaciones de la geoestadística son

múltiples y es capaz de aportar soluciones de gran valor a distintas disciplinas. En definitiva, es útil para todas aquellas disciplinas cuyos datos espaciales adquieren una gran importancia, es decir, para cualquiera al que puedas aplicar tecnologías GIS. Su aplicación, por tanto, corresponde a todas aquellas ciencias o ramas de conocimiento que trabajan o requieren del uso de información con componente espacial, bajo los criterios de proporcionalidad, representatividad y continuidad. Si bien originalmente se circunscribe a estudios vinculados a la geografía y la geología (hidrología, climatología, ecología del paisaje) la realidad es que actualmente multitud de ámbitos profesionales requieren de la geoestadística: agricultura, oceanografía, biología, epidemiología, comercio, logística (Geoinnova, 2019)

1.3.16. Interpolación espacial de datos

La interpolación espacial de datos es una parte de la geoestadística que se basa en el cálculo de los valores desconocidos de una variable espacial a partir de otros valores cuyo valor es conocido, este cálculo es uno de los principales análisis geoestadísticos que se llevan a cabo cuando se trabaja con datos espaciales y modelos predictivos. El resultado obtenido mediante el proceso de interpolación se conoce habitualmente por el nombre de superficie estadística, una superficie continua con valores interpolados a partir de otros conocidos. (Geoinnova, 2019)

1.3.17. Métodos de interpolación espacial

Los métodos de interpolación permiten generar superficies continuas a partir de medidas en localizaciones puntuales (muestra o puntos muestrales).

Cuando hablamos de interpolación espacial mediante Sistemas de Información Geográfica podemos distinguir una serie de métodos que se clasifican según su naturaleza:

- **Deterministas:** generan superficies continuas mediante el grado de similitud o suavizado. Dentro de esta categoría encontramos los métodos globales, locales, IDW y Spline.
- **Geoestadísticos:** generan superficies continuas a partir de las propiedades estadísticas de los datos de partida. Dentro de esta categoría encontramos Kriging y Cokriging.

1.3.18. Interpolación con ArcGIS

“La interpolación predice valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. Puede utilizarse para prever valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico, tales como: elevación, precipitaciones, concentraciones químicas y niveles de ruido” (ArcMap, 2010).

1.4. Formulación del problema

Cuáles son las zonas aptas para expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar las zonas aptas para expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis demográfico en función a la tasa de crecimiento y población futura.
- Desarrollar una caracterización geotécnica del suelo en función a su clasificación SUCS, capacidad portante, capacidad de carga admisible, ángulo de fricción, cohesión y asentamiento probable.

- Fijar rangos para la zonificación por capacidad de carga admisible del suelo que determinen su condición para ser urbanizado.
- Elaborar los planos de zonificación por capacidad de carga admisible y tipo de suelo.

1.5.3. Hipótesis

Las zonas aptas para expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019; son aquellas que presentan suelos con capacidad de carga admisible igual o mayor a 0.80 kg/cm^2 , y se encuentran tanto al norte como al sureste del ámbito de estudio.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Tabla 2 *Tipo de investigación*

Por el propósito	Aplicada
Según diseño de investigación	No experimental
Investigación no experimental	Descriptiva
Método de investigación	Mixta
Diseño de investigación	Trasversal

La investigación es de tipo aplicada, debido a que utilizaremos los conocimientos adquiridos para poder dar solución a la problemática que aqueja al distrito en estudio y así brindar un beneficio a la población, según el diseño que presenta es no experimental de corte transversal ya que no manipulamos deliberadamente las variables y recolectaremos los datos con el propósito de analizar su comportamiento en un mismo tiempo y no a través de él. La investigación es no experimental descriptiva ya que solo observaremos y describiremos los datos que presenten las variables en estudio con lo que se pretende describir la realidad para así analizar y poder detallar una expansión y zonificación con fines de edificaciones seguras, por último el método de investigación es mixto ya que implica combinar los enfoques cualitativo y cuantitativo en el estudio y esto involucra la recolección, análisis e interpretación de los datos cualitativos y cuantitativos.

2.1.1. Definición de variables

Tabla 3 *Definición de variables*

Variable independiente	Variable dependiente
Zonificación de la capacidad portante del suelo	Expansión urbana

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Todos los suelos que conforman el área jurisdiccional del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, departamento Cajamarca, 2019.

2.1.2. Muestra

2.1.2.1. Técnica de muestreo

La técnica es no probabilística discrecional.

El investigador selecciona a la muestra a través de su criterio profesional. Puede basarse en la experiencia de otros estudios anteriores o en su conocimiento sobre la población y el comportamiento de esta frente a las características que se estudian.
(Requena, B., 2014)

2.1.2.2. Tamaño de muestra

Todos los suelos que conforman el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, departamento Cajamarca, 2019; representados por veinte (20) muestras de suelos, obtenidas mediante exploración geotécnica directa a través de calicatas ubicadas aleatoriamente.

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 4 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Expansión urbana	La expansión urbana es el incremento de la mancha urbana en zonas periféricas de una ciudad, las cuales cambian su uso para el establecimiento de nuevos asentamientos, como parte del proceso de transformación rural-urbano, el cual, 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.	Ocupación de nuevos suelos de fundación con fines de construcción de infraestructura urbana, en mérito al incremento poblacional y de las necesidades urbanas de independización y cobertura de servicios básicos.	Análisis Demográfico	Tasa de crecimiento	%
				Población futura	hab.
Zonificación de la capacidad portante del suelo	La zonificación de la capacidad portante tiene por finalidad sectorizar y elaborar planos de ubicación dando referencia a la capacidad que presente dicho suelo que haya sido analizado mediante la investigación geotécnica, pudiendo de esta manera obtener resultados para poder zonificar y detallar la capacidad portante que presentan cada área analizada.	Es la determinación de zonas con características geotécnicas aptas para llevar a cabo cimentaciones superficiales que se basan en la capacidad de carga admisible del suelo.	Caracterización geotécnica	Capacidad de carga admisible	kg/cm ²
				Ángulo de fricción	Grados sexagesimales
				Cohesión	kg/cm ²
				Asentamiento inmediato	cm

2.2.3. Materiales y equipos utilizados para la obtención de datos de campo

- Picota.
- Bolsas.
- Palana.
- Pizarra y plumones.
- Wincha.
- Cámara fotográfica.
- GPS.
- Retroexcavadora.
- Estación total.
- Prismas.

2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.2.4.1. Técnicas de recolección de datos:

Para la investigación se utilizó la observación como técnica de recolección de datos, ya que vimos, seleccionamos y registramos las características del suelo en evaluación, el cual nos sirve para su posterior análisis.

2.2.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Para la obtención de datos poblacionales, que permitan hacer un posterior análisis demográfico, se utilizaron como instrumentos las fichas catastrales urbanas individual, y de cotitularidad, las cuales están estandarizadas y aprobadas mediante Resolución N° 01-2007, Directiva N° 001-2007-SNCP/CNC que aprueban directiva sobre formatos e instructivos de fichas catastrales.

Para la recolección de datos de campo concernientes a la caracterización geotécnica del suelo, el instrumento que se utilizó es la guía de observación de calicatas. Ver anexo N° 01.

NÚMERO DE FICHA

FICHA CATASTRAL URBANA INDIVIDUAL

CONTADOR DE FICHAS POR LOTE

01	CÓDIGO ÚNICO CATASTRAL - CUC										
02	CÓDIGO DE REFERENCIA CATASTRAL										
	UBIGE O										
	DPTO.	PROV.	DIST.	SECTOR	MANZANA	LOTE	EDIFICA	ENTRADA	PISO	UNIDAD	DC
03	CÓD. CONTRIBUYENTE DE RENTAS					04	CÓDIGO PREDIAL DE RENTAS				

UBICACIÓN DEL PREDIO CATASTRAL

05	CÓDIGO DE VÍA		06	TIPO DE VÍA	07	NOMBRE DE VÍA			08	TIPO DE PUERTA	09	N° MUNICIPAL	10	COND. NÚMERO		
11	TIPO DE EDIFICACIÓN			12	TIPO DE INTERIOR			13	N° INTERIOR							
	TIPO DE VÍA			TIPO DE PUERTA			CONDICIÓN DE NUMERACIÓN			TIPO DE EDIFICACIÓN			TIPO DE INTERIOR			
	AV. AVENIDA	OTRA CARRETERA	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL	PRINCIPAL		
	CA. CALLE	PRLG. PROLONGACIÓN	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA	SECUNDARIA		
	JR. JIRÓN	PS. PASEO	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE	GARAGE		
	PUE. PASAJE	ML. MALECON	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO		
	AL. ALAMEDA	CAM. CAMINO	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
14	CÓDIGO HU			NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA				16	ZONA/SECTOR/ETAPA		17	MANZANA	18	LOTE	19	SUB-LOTE

IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR CATASTRAL

20	TIPO DE TITULAR		1 = PERSONA NATURAL 2 = PERSONA JURÍDICA	21	ESTADO CIVIL			01 SOLTERO (A)	02 CASADO (A)	03 DIVORCIADO (A)	04 VIUDO (A)	05 CONVIVIENTE	
22	TIPO DOC. IDENTIDAD		23	N° DOC.			24	NOMBRES					
25	APELLIDO PATERNO						26	APELLIDO MATERNO					
22	TIPO DOC. IDENTIDAD		23	N° DOC.			24	NOMBRES					
25	APELLIDO PATERNO						26	APELLIDO MATERNO					
TIPO DE DOC. DE IDENTIDAD		01 NO PRESENTO DOCUMENTO 02 DNI		03 CARNET DE IDENTIDAD DE POLICIA NACIONAL 04 CARNET DE IDENTIDAD DE FUERZAS ARMADAS		05 PARTIDA DE NACIMIENTO 06 PASAPORTE		07 CARNET DE EXTRANJERIA 08 OTROS (especificar)					
27	N° DE R.U.C.			28								RAZÓN SOCIAL	
29	PERSONA JURÍDICA		01 EMPRESA		02 COOPERATIVA		03 ASOCIACIÓN		04 FUNDACIÓN		05 OTROS (especificar)		

DOMICILIO FISCAL DEL TITULAR CATASTRAL

30	UBICACION		1 - IGUAL A U.U.C.C.	2 - OTROS (Especificar)	31	DEPARTAMENTO	32	PROVINCIA	33	DISTRITO						
05	CÓDIGO DE VÍA		06	TIPO DE VÍA	07	NOMBRE DE VÍA			09	N° MUNICIPAL	13	N° INTERIOR				
14	CODIGO DE HU			NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA				16	ZONA/ SECTOR/ ETAPA		17	MANZANA	18	LOTE	19	SUB-LOTE
34	TELEFONO			35	ANEXO		36					CORREO ELECTRONICO				

CARACTERÍSTICAS DE LA TITULARIDAD

37	CONDICIÓN DEL TITULAR		01 PROPIETARIO ÚNICO		02 SUCESIÓN INTESTADA		03 POSEEDOR		04 SOCIEDAD CONYUGAL		05 COTITULARIDAD		06 LITIGIO		07 OTROS (especificar)									
38	FORMA DE ADQUISICIÓN		01 COMPRA VENTA		02 AHIC. LEGÍTIMA		03 TESTAMENTO		04 DONACIÓN		05 ADJUDICACIÓN		06 FUSIÓN		07 EXPROPIACIÓN		08 PERMUTA		39	FECHA DE ADQUISICIÓN		DÍA	MES	AÑO
	09 PRESCRIP. ADQU.		10 CES. DER./ACCIONES		11 DACIÓN PAGO		12 DECL. HEREDEROS		13 POSESIÓN		14 OTROS (esp.)													

DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

40	CLASIFICACIÓN DEL PREDIO		01 CASA HABITACIÓN		02 TIENDA - DEPÓSITO - ALMACÉN		03 PREDIO EN EDIFICIO		04 OTROS (especificar)		05 TERRENO SIN CONSTRUIR														
	4.1 CLÍNICA		4.2 HOSPITAL		4.3 CINE, TEATRO		4.4 INDUSTRIA		4.5 TALLER		4.6 IGLESIA / TEMPLO														
	4.7 CENTRO DE ENSEÑANZA		4.8 SERVICIO DE COMIDA		4.9 PARQUE		4.10 CEMENTERIO		4.11 SUB ESTACIÓN		4.12 BANCO FINANCIERA														
	4.13 TERMINAL DE TRANSPORTE		4.14 MERCADO		4.15 CLUB SOCIAL		4.16 CLUB DE ESPARCIMIENTO		4.17 PLAYA DE ESTACIONAMIENTO		4.18 OTROS														
41	PREDIO CATASTRAL EN		01 GALERIA		02 MERCADO		03 CAMPO FERIAL		04 CENTRO COMERCIAL		05 QUIRITA		06 CALLEJÓN		07 PREDIO INDEPENDIENTE										
	08 SOLAR		09 CORRALÓN		10 AZOTEA		11 AIRES		12 PREDIO EN EDIFICIO		13 OTROS (especificar)														
42	CÓDIGO DE USO		43									USO DEL PREDIO CATASTRAL (Descripción)			44	ZONIFICACIÓN									
45	ÁREA DE TERRENO ADQUIRIDA (M2)						46						ÁREA DE TERRENO VERIFICADA (M2)												
LINDEROS DE LOTE (ML)		47						MEDIDA EN CAMPO						48						COLINDANCIAS EN CAMPO					
FRENTE																									
DERECHA																									
IZQUIERDA																									
FONDO																									

SERVICIOS QUE CUENTA EL PREDIO

49	LUZ	50	AGUA	51	TELÉFONO	52	DESAGÜE	53	GAS	54	INTERNET	55	CONEXION A TV POR CABLE O CABLE SATELITAL	1=SI 2=NO
----	-----	----	------	----	----------	----	---------	----	-----	----	----------	----	---	--------------

CONSTRUCCIONES

56	N° PISO SÓTANO MEZZANINE	57		58	59	60	CATEGORÍAS								69					
		CONSTRUCCIÓN					MEP	ECS	ECC	ESTRUCTURA				ACABADOS				67	68	
		MES	AÑO							61	62	63	64	65		66	67			68
							61	62	63	64	65	66	67	68	UCA					
MEP: MATERIAL ESTRU. PREDOMINANTE		ECS: ESTADO DE CONSERVACIÓN			ECC: ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN			UCA: UBICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN ANTI-REGLEMENTARIA								70	% DE BIEN COMÚN	TERRENO	CONSTRUC.	
01 CONCRETO		01 MUY BUENO			01 TERMINADO			01 EN RETIRO MUNICIPAL				05 ALTURA NO REGLAMENTARIA					LEGAL			
02 LADRILLO		02 BUENO			02 EN CONSTRUCCIÓN			02 EN JARDÍN DE AISLAMIENTO				06 EN PARQUE					FÍSICO			
03 ADOBE(QUINCHA, MADERA)		03 REGULAR			03 INCONCLUSA			03 EN VÍA PÚBLICA				07 EN BIEN COMÚN								
		04 MALO			04 EN RUINAS			04 EN LOTE COLINDANTE												

OBRAS COMPLEMENTARIAS / OTRAS INSTALACIONES

71	CÓDIGO	72	DESCRIPCIÓN	57		58	59	60	73	74	69
				MES	AÑO						

DOCUMENTOS

75	TIPO DE DOCUMENTO	76	N° DE DOCUMENTO	77			78	ÁREA AUTORIZADA	75	TIPO DE DOCUMENTO	76	N° DE DOCUMENTO	77			78	ÁREA AUTORIZADA
				DÍA	MES	AÑO							DÍA	MES	AÑO		
TIPO DE DOCUMENTOS																	
01 CONFORMIDAD DE OBRA			04 DECLARACIÓN JURADA AUTOVALUO			07 ESCRITURA PÚBLICA			10 CONSTANCIA DE POSESIÓN			13 HOJA INFORMATIVA CATASTRAL					
02 LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN			05 RESOLUCIÓN DE EXONERACIÓN			08 MINUTA COMPRA VENTA			11 PARTIDA DE DEFUNCIÓN			14 PARTIDA DE NACIMIENTO					
03 DECLARATORIA DE FABRICA			06 PODERES			09 D.O.C. PRIVADO DE TRANSFERENCIA			12 CERTIFICADO CATASTRAL								

INSCRIPCIÓN DEL PREDIO CATASTRAL EN EL REGISTRO DE PREDIOS

79	TIPO DE PARTIDA REGISTRAL	80	NÚMERO	81	FOJAS	82	ASIENTO	83	FECHA DE INSCRIPCIÓN DEL PREDIO	84	DECLARATORIA DE FABRICA	85	AS. INSC. DE FABRICA	86	FECHA DE INSCRIPCIÓN DE FABRICA
	01 TOMO 03 PART. ELECTRONICA 02 FICHA 04 CÓDIGO DE PREDIO										01 = FAB. INSCRITA 02 = FAB. NO INSCRITA				

EVALUACIÓN DEL PREDIO CATASTRAL

87	ÁREA DE TERRENO INVADIDA (M2)							
	EN LOTE COLINDANTE		EN ÁREA PÚBLICA		EN JARDÍN DE AISLAMIENTO		EN ÁREA INTANGIBLE	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

88	CONDICIÓN DE DECLARANTE								
	01 TITULAR CATASTRAL	02 REPRESENTANTE LEGAL	03 ARRENDATARIO	04 FAMILIAR	05 VECINO	06 OTRO(Especificar):			
89	IDENTIFICACIÓN DE LOS LITIGANTES				90			ESTADO DE LLENADO DE LA FICHA	
	TD	N° DOCUMENTO	APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS LITIGANTES	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE	1 = FICHA COMPLETA		3 = COMPLETADA EN OFICINA		
					2 = FICHA INCOMPLETA		4 = COMPLETADA EN CONTROL EXTERIOR		
93	MANTENIMIENTO		91		92				
			1 = POR SER PREDIO CATASTRAL NUEVO 2 = POR VARIACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN		3 = POR CAMBIO DEL TITULAR CATASTRAL 4 = POR CAMBIO DE USO				

OBSERVACIONES

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE LOS DATOS CONSIGNADOS EN LA DECLARACIÓN SON VERDADEROS
LA FICHA CATASTRAL CERTIFICA LA EXISTENCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO. ESTA FICHA NO GENERA DERECHOS DE PROPIEDAD, NI REGULARIZA LAS OBLIGACIONES MUNICIPALES.

94	FIRMA DEL DECLARANTE	95	FIRMA DEL SUPERVISOR	96	FIRMA DEL TÉCNICO CATASTRAL	97	V°B° DEL VERIFICADOR CATASTRAL
	DNI:		DNI:		DNI:		N° DE REGISTRO:
	NOMBRES:		NOMBRES:		NOMBRES:		NOMBRES:
	APELLIDOS:		APELLIDOS:		APELLIDOS:		APELLIDOS:
	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA

Fuente: Resolución N° 01-2007, Directiva N° 001-2007-SNCP/CNC

NÚMERO DE FICHA

NÚMERO DE FICHAS POR LOTE

FICHA CATASTRAL URBANA COTITULARIDAD

**ESCUDO
DISTRITAL,
PROVINCIAL**

01	CÓDIGO ÚNICO CATASTRAL - CUC					02	CÓDIGO HOJA CATASTRAL				
03	CÓDIGO DE REFERENCIA CATASTRAL										
DPTO.	UBIGEO	PROV.	DIST.	SECTOR	MANZANA	LOTE	EDIF/CA	ENTRADA	PISO	UNIDAD	DC

**LOGO
ENTIDAD
EJECUTORA**

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1	PERSONA NATURAL	2	PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.	28	NOMBRES								
29	APELIDO PATERNO					APELIDO MATERNO							
31	Nº DE R.U.C.			32			RAZÓN SOCIAL						
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.		

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45		CORREO ELECTRÓNICO		
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09				NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN	17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23				SUB-LOTE

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1	PERSONA NATURAL	2	PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.	28	NOMBRES								
29	APELIDO PATERNO					APELIDO MATERNO							
31	Nº DE R.U.C.			32			RAZÓN SOCIAL						
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.		

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45		CORREO ELECTRÓNICO		
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09				NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN	17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23				SUB-LOTE

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1	PERSONA NATURAL	2	PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.	28	NOMBRES								
29	APELIDO PATERNO					APELIDO MATERNO							
31	Nº DE R.U.C.			32			RAZÓN SOCIAL						
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.		

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45		CORREO ELECTRÓNICO		
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09				NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN	17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23				SUB-LOTE

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1	PERSONA NATURAL	2	PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.	28	NOMBRES								
29	APELIDO PATERNO					APELIDO MATERNO							
31	Nº DE R.U.C.			32			RAZÓN SOCIAL						
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.		

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45		CORREO ELECTRÓNICO		
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09				NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN	17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23				SUB-LOTE

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1 = PERSONA NATURAL 2 = PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE	
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.				28	NOMBRES			
29	APELLIDO PATERNO					30 APELLIDO MATERNO					
31	Nº DE R.U.C.					32 RAZÓN SOCIAL					
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45	CORREO ELECTRÓNICO	
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09	NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN		17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA/ SECTOR/ ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23	SUB-LOTE	

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1 = PERSONA NATURAL 2 = PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE	
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.				28	NOMBRES			
29	APELLIDO PATERNO					30 APELLIDO MATERNO					
31	Nº DE R.U.C.					32 RAZÓN SOCIAL					
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR CATASTRAL

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45	CORREO ELECTRÓNICO	
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09	NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN		17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23	SUB-LOTE	

DATOS DEL COTITULAR CATASTRAL

124	NÚMERO DE COTITULAR	125	TOTAL DE COTITULARES	126	TIPO DE TITULAR	1 = PERSONA NATURAL 2 = PERSONA JURÍDICA	127	% DE COTITULAR	04	CÓDIGO DEL CONTRIBUYENTE	
26	TIPO DOC. IDENTIDAD	27	Nº DOC.				28	NOMBRES			
29	APELLIDO PATERNO					30 APELLIDO MATERNO					
31	Nº DE R.U.C.					32 RAZÓN SOCIAL					
47	FORMA DE ADQUISICIÓN	48	FECHA DE ADQUISICIÓN	34	COND. ESP. TITULAR	35	Nº RESOLUCIÓN EXONERACIÓN	37	FECHA DE INICIO	38	FECHA DE VCTO.

DOMICILIO FISCAL DEL COTITULAR

39	DEPARTAMENTO	40	PROVINCIA	41	DISTRITO	42	TELÉFONO	43	ANEXO	44	FAX	45	CORREO ELECTRÓNICO	
07	CÓDIGO DE VÍA	08	TIPO DE VÍA	09	NOMBRE DE VÍA			11	Nº MUNICIPAL	14	NOMBRE DE EDIFICACIÓN		17	Nº INTERIOR
18	CÓDIGO DE HU	19	NOMBRE DE LA HABILITACIÓN URBANA			20	ZONA / SECTOR / ETAPA	21	MANZANA	22	LOTE	23	SUB-LOTE	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

114	CONDICIÓN DE DECLARANTE	01	TITULAR CATASTRAL	02	REPRESENTANTE LEGAL	03	ARRENDATARIO	04	FAMILIAR	05	VECINO	06	OTRO(Especificar):
116	ESTADO DE LLENADO DE FICHA	1 = FICHA COMPLETA		3 = COMPLETADA EN OFICINA		2 = FICHA INCOMPLETA		4 = COMPLETADA CONTROL EXTERIOR					

OBSERVACIONES

--

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE LOS DATOS CONSIGNADOS EN LA DECLARACIÓN SON VERDADEROS
LA FICHA CATASTRAL CERTIFICA LA EXISTENCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO. ESTA FICHA NO GENERA DERECHOS DE PROPIEDAD, NI REGULARIZA LAS OBLIGACIONES MUNICIPALES.

120	FIRMA DEL DECLARANTE	121	FIRMA DEL SUPERVISOR	122	FIRMA DEL TÉCNICO CATASTRAL	123	V"B" DEL VERIFICADOR CATASTRAL
				DNI:			
DNI:		DNI:		DNI:		Nº DE REGISTRO:	
NOMBRES:		NOMBRES:		NOMBRES:		NOMBRES:	
APELLIDOS:		APELLIDOS:		APELLIDOS:		APELLIDOS:	
FECHA		FECHA		FECHA		FECHA	

Fuente: Resolución N° 01-2007, Directiva N° 001-2007-SNCP/CNC

2.2.4.3. Validación del instrumento de recolección datos.

La guía de observación de calicatas fue validada por el ingeniero civil William Alberto Hernández Mejía (Reg. CIP 173427), ingeniero civil Wilson Soberón Espinoza (Reg. CIP 148070), y el ingeniero geólogo Dante Américo Marín Urbina (Reg. CIP 222729). Ver anexo N° 01.

2.2.4.4. Análisis de datos:

Técnicas de análisis de datos: estadística mixta.

2.3. Procedimiento

2.3.1. Análisis demográfico

Se realizó un trabajo en gabinete para la recopilación de información referente a datos estadísticos poblacionales urbanos en la ciudad capital del distrito de Catilluc, recurriendo a la página web del INEI, de donde se pudo obtener datos referentes a la población estimada, por área urbana y sexo, correspondiente a los años 2012, 2013, 2014 y 2015.

Tabla 5 *Población estimada, por área urbana y sexo, según departamentos, provincias y distritos.*

Población estimada, por área urbana y sexo, según departamentos, provincias y distritos.								
Departamento: Cajamarca			Provincia: San Miguel					
Ubigeo	Distrito	Año	Población total			Población urbana		
			Total	Homb.	Muj.	Total	Homb.	Muj.
061104	Catilluc	2012	3539	1786	1753	369	195	174
061104	Catilluc	2013	3525	1782	1743	374	198	176
061104	Catilluc	2014	3506	1775	1731	379	201	178
061104	Catilluc	2015	3486	1768	1718	383	203	180

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Para la determinación de la población urbana actual, al año 2019, radicada en la ciudad capital del distrito de Catilluc, se realizó un levantamiento de información a través del uso de las fichas catastrales urbanas individual, y de cotitularidad, las cuales fueron llenadas de manera personalizada, haciendo visitas (previa notificación

y/o comunicado por medios de comunicación física y radial) a cada una de las viviendas existentes en el casco urbano consolidado, detallando las características de las construcciones, y lo principal, la cantidad de habitantes por vivienda. Estos datos de población urbana al año 2019, en conjunto con la data obtenida del INEI de población urbana de años anteriores, permitieron realizar el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional anual y población futura al año 2030, con lo cual se estableció la delimitación del área de estudio, como proyección estimada, del área de expansión urbana necesaria para cubrir la demanda poblacional de bienes y servicios urbanísticos para los próximos 11 años.

Tabla 6 *Resumen general de datos catastrales urbanos de la ciudad capital del distrito de Catilluc, al año 2019. Provincia San Miguel, región Cajamarca.*

RESUMEN GENERAL DE DATOS CATASTRALES URBANOS DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC AL AÑO 2019					
Descripción	Construcciones			Información complementaria	
	N° de const.	Antigüedad de construcciones (en años)	N° de const.	Descripción	Total
MEP	Concreto	0		Área Construida (m ²)	15,351.37
	Ladrillo	122	<5		
	Tapial	103		Área Libre (m ²)	68,927.06
Madera	14				
ECS	Muy bueno	0	5 - 15	Área Útil (m ²)	84,278.43
	Bueno	23			
	Regular	191		N° total de habitantes	478
	Malo	25	15 - 30		
ECC	Terminado	236		N° total de familias	172
	En construcción	2			
	Inconclusa	0	>30		
	En ruinas	1			

La tasa de crecimiento poblacional urbano ha sido determinada, tomando como referencia la información de la población estimada, por área urbano-rural y sexo, según departamentos, provincias y distritos, elaborado por el Instituto Nacional de

Estadística e Informática (INEI) para los años 2012, 2013, 2014 y 2015. (Ver tabla 5); y el total de población urbana actual (año 2019), que habita en la ciudad capital del distrito de Catilluc, determinada a través de las fichas catastrales urbanas (individual y cotitularidad). Para este cálculo de la tasa de crecimiento urbana, únicamente se ha considerado a la población urbana del distrito de Catilluc, la cual está conformada por la población que habita en la capital de distrito.

Para calcular la tasa de crecimiento poblacional urbano se ha utilizado la ecuación de crecimiento poblacional compuesto.

Ecuación 4 *Tasa de crecimiento poblacional compuesto.*

$$N_t = N_o(1 + r)^t$$

Donde:

N_o = Población inicial.

N_t = Población al final del período.

t = Tiempo en años, entre N_t y N_o .

r = Tasa de crecimiento poblacional.

La tasa de crecimiento poblacional “ r ” puede medirse a partir de una tasa promedio anual de crecimiento del período; y cuya aproximación aritmética sería la siguiente:

Ecuación 5 *Tasa promedio anual de crecimiento del período.*

$$r = \left(\frac{N_t}{N_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Ahora bien, tomando como población inicial, a la población estimada correspondiente al año 2012 ($N_o = 369$ hab.); y como población final, a la población actual al año 2019 ($N_t = 478$ hab.). El período de tiempo analizado sería igual a siete años ($t = 7$ años).

2.3.2. Caracterización geotécnica del suelo

Se realizó una recopilación de información en gabinete, agenciándonos de la carta geológica correspondiente al ámbito de estudio (14-f) elaborada por el INGEMMET, para establecer el tipo de formaciones geológicas presentes en la zona, y adoptar estrategias correctas para el trabajo de campo, es así que se determinó la existencia de un ambiente netamente volcánico (Volcánico Huambos), con presencia en menor proporción de depósitos coluviales, aluviales y fluviales presentes en el cauce y márgenes de la quebrada El Empalme.

En base al tipo de litología obtenida de la carta geológica del INGEMMET, y al cartografiado geológico que se realizó en campo, se pudo establecer de manera estratégica la ubicación de los puntos de muestreo para la exploración geotécnica, mediante la excavación de calicatas a una profundidad de 2.00 m, para lo cual se utilizó maquinaria pesada. La distribución de calicatas se realizó en base al criterio geológico de representatividad, proporcionalidad y continuidad, de la litología presente, estableciendo una correlación eficiente y eficaz.

Tabla 7 *Ubicación de calicatas.*

UBICACIÓN DE CALICATAS			
Proyección y dátum: UTM WGS 84 – 17 Sur			
Calicata	Este	Norte	Cota (msnm)
C-1	745850.7770	9247514.3450	2888
C-2	745795.2140	9247579.6970	2876
C-3	745765.5810	9247509.0541	2880
C-4	745792.0390	9247436.0280	2881
C-5	745700.4930	9247399.5160	2874
C-6	745716.6330	9247327.2840	2886
C-7	745595.4530	9247346.8640	2865
C-8	745488.5610	9247385.7570	2852
C-9	745426.6490	9247464.0740	2874
C-10	745305.2050	9247482.3310	2833
C-11	745228.2110	9247538.4220	2827
C-12	745064.4330	9247575.4640	2823

C-13	745139.5750	9247615.4160	2810
C-14	745103.3270	9247702.7290	2815
C-15	745220.0090	9247754.5870	2818
C-16	745304.9400	9247689.7640	2827
C-17	745358.9150	9247801.4190	2820
C-18	745439.8780	9247735.0080	2833
C-19	745474.2740	9247831.3170	2820
C-20	745563.9680	9247773.9020	2838

Una vez excavadas las calicatas, se realizó el muestreo de suelos en cada uno de los estratos identificados a profundidad, extrayendo el equivalente a 2.00 kg para su posterior análisis en laboratorio. Cada una de las muestras extraídas fue codificada en base al número de calicata y las coordenadas UTM que le correspondían. Estas muestras fueron trasladadas dentro de las 24 horas posteriores al muestreo, a la ciudad de Cajamarca para su análisis, el cual fue llevado a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos “WFM”, debido a que por la naturaleza del tipo de ensayo principal (corte directo) que se tenía que desarrollar, no se pudo realizar en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Tabla 8 *Resumen de datos tomados en campo mediante la guía de observación de calicatas, en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca.*

N° calicata	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)	Prof. (m)	N° estrato	Espesor (m)	Descripción
	UTM (WGS 84-17 Sur) ESTE (m)	NORTE (m)					
1	745850.7770	9247514.3450	2888	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas inorgánicas, arcillas arenosas, magras y limosas de color marrón claro, susceptibilidad al agrietamiento. No se encontró la napa freática.
2	745795.2140	9247579.6970	2876	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas orgánicas. Estos suelos son impermeables, y presentan susceptibilidad al agrietamiento. No se encontró la napa freática.
3	745765.5810	9247509.0541	2880	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcilla de color marrón claro. Son suelos semipermeables a permeables. No se encontró la napa freática.
4	745792.0390	9247436.0280	2881	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcillas de color marrón claro. Son suelos semipermeables a permeables, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
5	745700.4930	9247399.5160	2874	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).

					2	0.2 - 2.0	Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcilla de color marrón claro. Son suelos semipermeables a permeables. Susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
6	745716.6330	9247327.2840	2886	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Con presencia de arenas limosas, con combinación de arena y limo deficientemente graduadas de color marrón claro. Son suelos semipermeables a permeables, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
7	745595.4530	9247346.8640	2865	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, estos suelos son impermeables. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
8	745488.5610	9247385.7570	2852	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arenas finas, arcillas, limos inorgánicos, de color marrón claro. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
9	745426.6490	9247464.0740	2874	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, estos suelos son impermeables. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
10	745305.2050	9247482.3310	2833	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arcillas inorgánicas de color marrón oscuro a negruzco, mezcladas con gravas y arenas. Susceptibilidad al agrietamiento media, manejabilidad muy pobre. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	

11	745228.2110	9247538.4220	2827	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas inorgánicas de alta plasticidad, de color marrón oscuro a negruzco, estos suelos son impermeables, con susceptibilidad al agrietamiento mediana. No se encontró la napa freática.
12	745064.4330	9247575.4640	2823	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, son impermeables. No se encontró la napa freática.
13	745139.5750	9247615.4160	2810	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, con baja compacidad, estos suelos son impermeables. No se encontró la napa freática.
14	745103.3270	9247702.7290	2815	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, son impermeables, resistencia a la cortante baja. No se encontró la napa freática.
15	745220.0090	9247754.5870	2818	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas orgánicas de alta plasticidad, con baja compacidad, estos suelos son impermeables, con baja compresibilidad. No se encontró la napa freática.
16	745304.9400	9247689.7640	2827	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural).
					2	0.2 - 2.0	Presenta arcillas inorgánicas de media plasticidad, arcillas arenosas, limos de color marrón claro amarillento, estos suelos son impermeables con resistencia a la tubificación alta, resistencia al cortante media, susceptibilidad al

							agrietamiento de mediano a alta. No se encontró la napa freática.
17	745358.9150	9247801.4190	2820	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arenas limosas, y arcillas de color marrón claro, mezclas mal graduadas, son suelos semipermeables a permeables, resistencia a la tubificación de media a baja, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
18	745439.8780	9247735.0080	2833	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcillas de color marrón claro, son suelos semipermeables a permeables, la compresibilidad es baja, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
19	745474.2740	9247831.3170	2820	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcillas de color marrón claro, son suelos semipermeables a permeables, resistencia a la tubificación de media a baja, con resistencia al cortante alta, la compresibilidad es baja, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	
20	745563.9680	9247773.9020	2838	2	1	0.0 - 0.2	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural). Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas, y arcillas de color marrón claro, son suelos semipermeables a permeables, resistencia a la tubificación de media a baja, con resistencia al cortante alta, la compresibilidad es baja, susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta. No se encontró la napa freática.
					2	0.2 - 2.0	

2.3.3. Ensayos desarrollados en laboratorio de mecánica de suelos

Los ensayos que se desarrollaron fueron: análisis granulométrico por tamizado (AASHTO T-27 ASTM D 422), límites de consistencia (norma AASHTO T-90 – ASTM D 4318), y corte directo (AASHTO T 236-03 – ASTM D 3080 – 98); los cuales realizamos bajo la supervisión constante y permanente, del responsable del laboratorio (Dr. Wilfredo Fernández Muñoz – Reg. CIP. N° 26682), y nuestro asesor de tesis de aquel entonces (Ing. Víctor Martín Vargas Salazar – Reg. CIP. N° 96793).

2.3.4. Modelo digital de elevaciones y zonificación por capacidad portante y tipo de suelo

Para la obtención del modelo digital de elevaciones (MDE) del ámbito de estudio se llevó a cabo un levantamiento topográfico directo, mediante el uso de estación total, marca LEICA, modelo TS-06 Plus-1”, serie N° 1401476, precisión con láser 2 mm, con certificado de calibración N° 009-221/2019, de fecha 20/12/2019, emitido por COSOLA GROUP S.A.C. (Ver anexo N° 02).

Para el levantamiento topográfico se realizaron quince (15) estaciones libres y se levantaron un total de 839 puntos, llevando a cabo previamente, una triangulación para georreferenciar el levantamiento y establecer las cotas adecuadas de todos los puntos, para lo cual se ha utilizado como referencias topométricas las estaciones geográficas de orden “C”, monumentadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), las cuales están presentes en la ciudad capital del distrito de Catilluc, identificados con códigos “CTL1” y “CTL2”, cuya descripción monográfica de cada una de ellas se solicitó a la Dirección de Geodesia – IGN, para así poder obtener su ubicación y coordenadas. (Ver anexo N° 03)

Tabla 9 *Resumen de datos de los Hitos geográficos (estaciones CTL1 y CTL2) – Catilluc.*

ESTACIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
CTL1	745456.47055519	9247597.96967677	2864.9528
CTL2	745575.79088650	9247478.49496340	2880.4945

Fuente: Instituto Geográfico Nacional – Dirección de Geodesia.

La zonificación por capacidad portante y tipo de suelo se llevó a cabo haciendo uso del software ArcGIS (bajo licencia educativa) mediante la interpolación espacial de los datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos, con lo cual se pudo sectorizar, por rangos de capacidad de carga admisible del suelo y clasificación SUCS, cada una las zonas que conforman el ámbito de expansión urbana de la ciudad capital del distrito de Catilluc. La zonificación por capacidad portante del suelo fue establecida en base a la aptitud del suelo para ser urbanizado, clasificándolo en tres categorías: zona no urbanizable (color rojo), zona medianamente apta para urbanizar (color amarillo), y zona apta para urbanizar (color verde).

2.3.5. Aspectos Éticos

Para la presente investigación se filtró proyectos que presentan información relacionada con la tesis en estudio, los cuales fueron debidamente citados con sus autores para evitar el plagio, de igual manera se consideró seguir algunas de las normas ASTM (normas estandarizadas) para los ensayos de las muestras obtenidas de cada calicata. Se están incluyendo datos fidedignos y corroborables con la documentación respectiva. Con la investigación en estudio se pretende contribuir con los pobladores del distrito de Catilluc, brindándoles información concerniente a los

suelos que presenta el distrito y de esta manera los pobladores puedan edificar sus viviendas en zonas aptas y seguras. De igual manera se consideró respetar y seguir las políticas y lineamientos de la Universidad Privada del Norte al realizar la tesis de investigación. Finalmente cabe mencionar que para la presente investigación no se ha hecho uso de información de ninguna entidad o institución.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 10 *Conformación urbano-espacial del distrito de Catilluc.*

Descripción	m ²	Ha	%
Área Útil	84,278.43	8.43	73.73
Área de Circulación	29,612.09	2.96	25.91
Área de Riesgo	413.83	0.04	0.36
Área urbana total	114,304.35	11.43	100.00

Tabla 11 *Usos del Suelo en el distrito de Catilluc.*

Descripción	Lotes	m ²	Ha	%
Uso Residencial	165	36,284.77	3.63	31.74
Uso Industrial	3	1,492.01	0.15	1.31
Uso Recreacional	5	10,825.74	1.08	9.47
Uso de Equipamiento Urbano	8	12,569.45	1.26	11
Uso Institucional	7	3,524.32	0.35	3.08
Terreno sin Construir y en Construcción	73	19,582.14	1.96	17.13
Área Útil	261	84,278.43	8.43	73.73

Tabla 12 Usos del suelo y distribución general de Áreas en el distrito de Catilluc.

USO	ÁREA (m ²)	% PARCIAL	% GENERAL
ÁREA ÚTIL	84,278.43		73.73
ÁREA RESIDENCIAL - Vivienda Unifamiliar	36,284.77	31.74	
ÁREA INDUSTRIAL (3 Lts.)	1,492.01	1.31	
ÁREA RECREACIONAL (5 Lts.)	10,825.74	9.47	
Deportivo:			
Parque (02 Lts.)	2,261.10	1.98	
Estadio (01 Lte.)	5,087.50	4.45	
Coliseo (01 Lte.)	943.80	0.83	
Cultural:			
Centro Ferial - Coso Taurino (01 Lte.)	2,533.34	2.22	
ÁREA DE EQUIPAMIENTO URBANO (08 Lts.)	12,569.45	11.00	
Educativo:			
Educ. Inicial Estatal (02 Lts.)	1,832.46	1.60	
Educ. Primaria Estatal (01 Lte.)	1,846.80	1.62	
Educ. Secundaria Estatal (01 Lte.)	1,377.90	1.21	
Educ. Superior Instituto Estatal (01 Lte.)	5,454.87	4.77	
Salud:			
Centro de Salud (01 Lte.)	1,810.45	1.58	
Comunicación:			
Telefonía Móvil (01 Lte.)	21.38	0.02	
Internet (01 Lte.)	225.59	0.20	
ÁREA INSTITUCIONAL (07 Lts.)	3,524.32	3.08	
Administración Pública:			
Edific. Utilizada por Gob. Regional (01 Lte.)	976.85	0.85	
Edific. Utilizada por Gob. Local (01 Lte.)	342.30	0.30	
FF.AA. – Policiales:			
Comisaría (01 Lte.)	399.28	0.35	
Asociación y/o Fundación:			
Religiosa (04 Lts.)	1,805.89	1.58	
ÁREA DE TERRENO (73 Lts.)	19,582.14	17.13	
Desocupado			
Sin construir (71 Lts.)	18,940.53	16.57	
En Construcción			
En Construcción (02 Lts.)	641.61	0.56	
ÁREA DE RIESGO (01 Lte.)	413.83		0.36
ÁREA DE CIRCULACIÓN	29,612.09		25.91
ÁREA TOTAL	114,304.35		100.00

Tabla 13 *Altura de las construcciones en el distrito de Catilluc.*

ALTURA	Nº DE CASOS	%
1 PISO	92	38.49
2 PISOS	141	59.00
3 PISOS	6	2.51
TOTAL	239	100.00

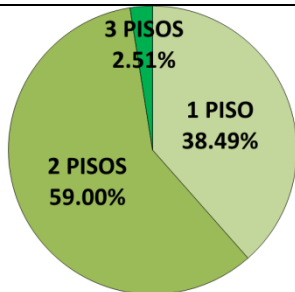


Tabla 14 *Materiales de construcción en paredes de las viviendas en el distrito de Catilluc.*

MATERIAL	Nº DE CASOS	%
LADRILLO	122	51.05
TAPIAL	103	43.10
MADERA	14	5.85
TOTAL	239	100.00

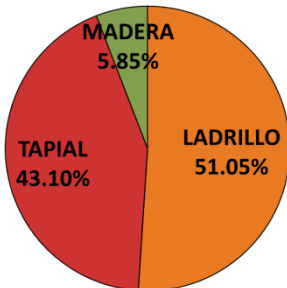


Tabla 15 *Estado de Conservación de las Construcciones en el distrito de Catilluc.*

MATERIAL	Nº DE CASOS	%
BUENO	23	9.62
REGULAR	191	79.92
MALO	25	9.62
TOTAL	239	100.00

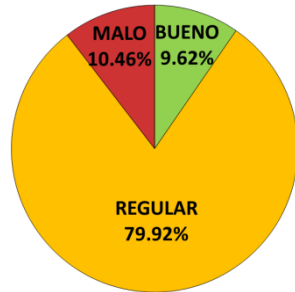


Tabla 16 *Estado de las Construcciones en el distrito de Catilluc.*

CONDICIÓN	Nº DE CASOS	%
TERMINADO	236	98.74
EN CONSTRUCCIÓN	2	0.84
EN RUINAS	1	0.42
TOTAL	239	100.00

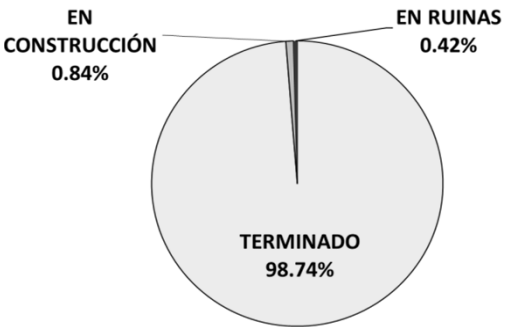


Tabla 17 *Antigüedad de las Construcciones en el distrito de Catilluc.*

ANTIGÜEDAD (años)	N° DE CASOS	%
<5	62	25.94
5 – 15	50	20.92
15 – 30	77	32.22
>30	50	20.92
TOTAL	239	100.00

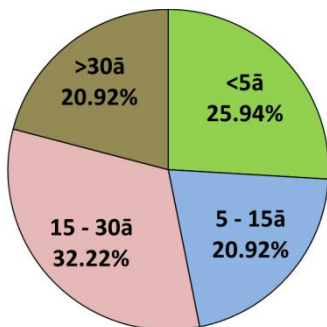


Tabla 18 *Área Construida y Área Libre en el distrito de Catilluc.*

DESCRIPCIÓN	m ²	%
ÁREA CONSTRUIDA	15351.37	18
ÁREA LIBRE	69340.89	82
TOTAL	84692.26	100

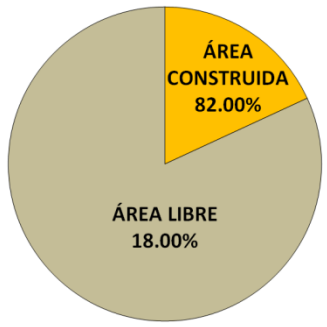
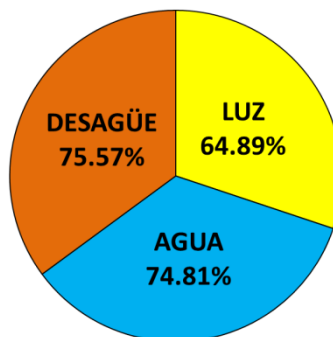


Tabla 19 *Predios Urbanos que cuentan con Servicios Básicos en el distrito de Catilluc.*

SERVICIO BÁSICO	N° DE CASOS	%
LUZ	170	64.89
AGUA	196	74.81
DESAGÜE	198	75.57
TELÉFONO FIJO	0	0.00
TOTAL	239	100.00



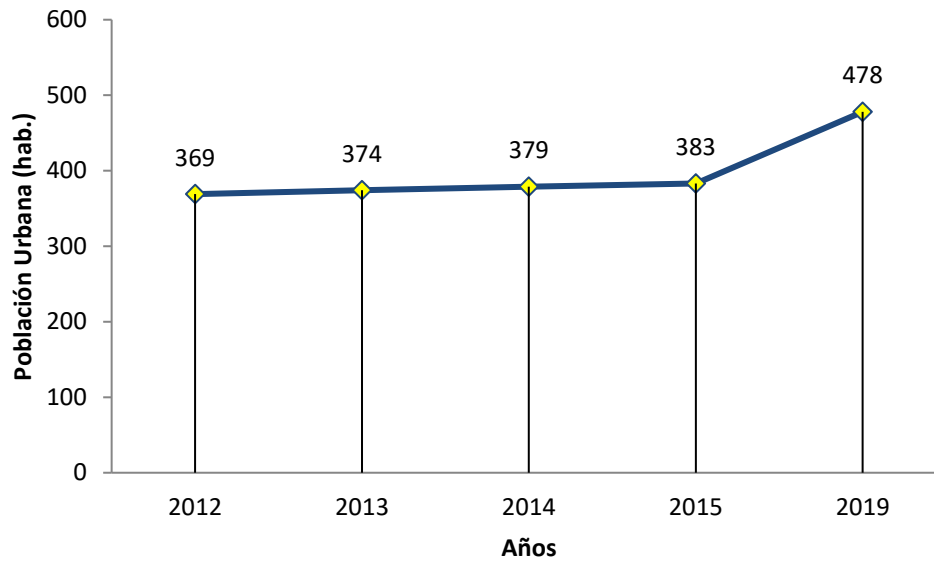


Tabla 20 Población urbana en el centro poblado de Catilluc, 2012-2019.

Tasa de crecimiento "r":

Tomando como población inicial, a la población estimada correspondiente al año 2012 ($N_0 = 369$ hab.); y como población final, a la población actual al año 2019 ($N_t = 478$ hab.). El período de tiempo analizado sería igual a siete años ($t = 7$ años).

Ecuación 6 Cálculo de la tasa de crecimiento "r".

$$r = \left(\frac{478}{369} \right)^{\frac{1}{7}} - 1$$

$$r = 0.0377$$

$$r = 3.77\% \text{ anual}$$

Población futura al año 2030:

Se tomó como población inicial, a la población actual correspondiente al año 2019 ($N_0 = 478$ hab.); y el período de tiempo será igual a dieciocho años ($t = 11$ años).

Reemplazamos los datos en la fórmula de crecimiento poblacional compuesto:

Ecuación 7 Cálculo de la población futura al año 2030.

$$N_{2030} = 478(1 + 0.0377)^{11}$$

$$N_{2030} = 718 \text{ habitantes}$$

Tabla 21 *Resumen de parámetros físicos y mecánicos de los suelos en la zona de expansión del ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc.*

CÓD.	Clasif. SUCS	Clasif. AASHTO	q' c (kg/cm ²)	Q _{adm} (kg/cm ²) FS = 3	φ (°)	C (kg/cm ²)	Si (cm)
C - N°1	CL	A-6 (12)	2.64	0.88	11.7	0.2	1.79
C - N°2	OH	A-7-5(34)	1.83	0.61	6	0.21	1.79
C - N°3	SM	A-4(0)	2.97	0.99	16.4	0.12	1.04
C - N°4	SM	A-4(0)	3.12	1.04	16.6	0.13	0.96
C - N°5	SM	A-4(0)	3.15	1.05	16.7	0.13	0.96
C - N°6	SM	A-4(0)	2.97	0.99	16	0.13	1.04
C - N°7	OH	A-7-6 (29)	1.8	0.6	6.1	0.2	1.79
C - N°8	MH	A-7-5(24)	2.31	0.77	9	0.22	1.79
C - N°9	OH	A-7-5(44)	1.89	0.63	6.5	0.21	1.79
C - N°10	CH	A-7-6(22)	2.16	0.72	8	0.22	1.79
C - N°11	CH	A-7-6(21)	2.25	0.75	8.5	0.22	1.79
C - N°12	OH	A-7-5(42)	1.77	0.59	6	0.2	1.93
C - N°13	OH	A-7-5(37)	1.8	0.6	6.1	0.2	1.93
C - N°14	OH	A-7-5(41)	1.89	0.63	7	0.2	1.93
C - N°15	OH	A-7-5(43)	1.74	0.58	5.6	0.2	1.93
C - N°16	CL	A-6(14)	2.7	0.9	12	0.2	1.79
C - N°17	SM	A-2-4(0)	3.12	1.04	17.8	0.1	1.04
C - N°18	SM	A-2-4(0)	3.12	1.04	17	0.12	1.04
C - N°19	SM	A-2-4(0)	2.94	0.98	16.3	0.12	0.96
C - N°20	SM	A-4(0)	3.03	1.01	16.2	0.13	0.96

q'C: Capacidad portante.

q_{adm}: Capacidad de carga admisible.

φ: Ángulo de fricción.

C: Cohesión.

Si: Asentamiento probable.

FS: Factor de seguridad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Limitaciones

En el proceso de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Para la realización del ensayo de corte directo que es la principal razón de la investigación, tuvimos que recurrir a un laboratorio externo debido a que en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte no cuenta con el mencionado ensayo.
- El elevado costo que se tuvo que pagar por el total de ensayos de corte directo que se realizaron en un laboratorio externo.
- Algunos propietarios se opusieron a la realización de calicatas en sus propiedades.

4.1.2 Interpretación comparativa

Se ha optado por aplicar la teoría de Karl Terzaghi, señalado por Braja M. Das (2012, pg. 133 – 141), para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas 1.00 x 1.00 m, ya que esta teoría nos proporciona resultados más seguros, es decir nos permite trabajar en el caso más desfavorable al momento de proyectar una cimentación, debido a que los valores de la capacidad portante que se obtiene al aplicar esta teoría son menores. Asimismo, de acuerdo a la RNE, Norma E.050, capítulo de suelos y cimentaciones (2006, pg. 232), se ha considerado un factor de seguridad (FS=3.00), para efectos del cálculo.

Los valores obtenidos del cálculo de la capacidad de carga admisible por corte de las veinte (20) calicatas efectuadas, van desde 0.58 a 1.05 kg/cm², de acuerdo a estos resultados, y en base a la información presentada en los antecedentes, los suelos de la zona de expansión del ámbito urbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, presentan las siguientes condiciones:

Tabla 22 Zonificación por capacidad de carga admisible del suelo a una profundidad de 2.00 m, para el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.

Zona	q_{adm} (kg/cm ²)	Condición
I	> 1.00	Zonas aptas para urbanizar.
II	0.80 - 1.00	Zonas medianamente aptas para urbanizar
III	< 0.80	Zona no urbanizable.

Fuente: Adaptado de Córdova y Montalvan (2017).

Según Córdova y Montalvan (2017), clasifican en su investigación una ZONA I ($q_{adm} \geq 1.00 \text{ kg/cm}^2$), como zona urbana, cuyo rango de capacidad de carga admisible varía entre 1.01 kg/cm^2 y 1.34 kg/cm^2 , además en esta zona ellos ubican dos tipos de suelo, que son CL-ML (limo arcilloso de baja plasticidad), y CL (arcilla de baja plasticidad), los cuales presentan valores de ángulo de fricción de 23.125° , y una cohesión de 0.168 kg/cm^2 , ambos valores en promedio. Comparando estas características físicas y mecánicas de los suelos, con los datos obtenidos en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, se determina que existe una diferencia en cuanto al tipo de suelo que hemos zonificado como Zona I, dado a que en dicha zona hemos encontrado un tipo de suelo SM (arena limosa), el cual presenta un rango de capacidad de carga admisible que varía entre 1.01 kg/cm^2 y 1.05 kg/cm^2 , con un ángulo de fricción de 16.86° , y una cohesión de 0.12 kg/cm^2 , en promedio. Evidenciando que, a pesar que la Zona I, clasificada por Córdova y Montalvan (2017), presenta un suelo de menor calidad respecto al que nosotros hemos encontrado, éstos han presentado valores más altos en cuanto a su capacidad de carga admisible, debido a su ángulo de fricción que en definitiva presenta valores más altos que los encontrados en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de

Catilluc. En cuanto a la Zona II ($0.80 \text{ kg/cm}^2 \leq q_{adm} < 1.00 \text{ kg/cm}^2$), los autores en mención, la clasifican como zona urbanizable, cuyo rango de capacidad de carga admisible varía entre 0.81 kg/cm^2 y 0.91 kg/cm^2 , además en esta zona ellos ubican dos tipos de suelos, que son OH (limo arcilloso orgánico) y CL (arcilla de baja plasticidad), con valores de ángulo de fricción de 14.286° , y una cohesión de 0.223 kg/cm^2 , en promedio. Comparando estas características físicas y mecánicas de los suelos, con los datos obtenidos en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, se determina que existe una diferencia en cuanto al tipo de suelo que hemos zonificado como Zona II, dado a que en dicha zona hemos encontrado en un mayor porcentaje un tipo de suelo SM (arena limosa), y en menor porcentaje un tipo de suelo CL (arcilla inorgánica), los cuales presentan un rango de capacidad de carga admisible que varía entre 0.88 kg/cm^2 y 0.99 kg/cm^2 , con un ángulo de fricción de 14.48° , y una cohesión de 0.15 kg/cm^2 , en promedio. Evidenciando que, debido a la presencia de suelo SM (arena limosa) que nosotros hemos encontrado en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, es que se han obtenido valores relativamente más altos en cuanto a la capacidad de carga admisible para la Zona II, la cual hemos clasificado como zona medianamente apta para urbanizar. Finalmente, para la Zona III ($q_{adm} < 0.8 \text{ kg/cm}^2$), los autores en mención, la clasifican como zona no urbanizable, cuyo rango de capacidad de carga admisible varía entre 0.58 kg/cm^2 y 0.68 kg/cm^2 , además en esta zona ellos ubican un solo tipo de suelo, que CL (arcilla de baja plasticidad), con valores de ángulo de fricción de 16.333° , y una cohesión de 0.117 kg/cm^2 , ambos valores en promedio. Comparando estas características físicas y mecánicas de los suelos, con los datos obtenidos en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, se determina que existe una diferencia en cuanto al tipo de suelo que hemos zonificado como Zona III, dado a que en dicha

zona hemos encontrado tres tipos de suelos que son MH (limo inorgánico de alta plasticidad), CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) y OH (arcilla orgánica), los cuales presentan un rango de capacidad de carga admisible que varía entre 0.58 kg/cm^2 y 0.77 kg/cm^2 , con un ángulo de fricción de 6.88° , y una cohesión de 0.21 kg/cm^2 , en promedio. Evidenciando que, debido a la presencia de suelos de mala calidad, en ambas investigaciones, hemos clasificado a esta zona como no urbanizable, por presentar valores de capacidad de carga admisible bajos, y características desfavorables en cuanto al ángulo de fricción y cohesión que presentan los suelos.

En la investigación de Briones e Irigoín los autores presentan 4 zonas considerando la capacidad admisible del suelo, cabe mencionar que para dicha investigación, no se realizaron los ensayos de corte directo para la obtención de la capacidad portante, se realizaron ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de consistencia, peso específico y proctor para obtener el tipo de suelo según clasificación SUCS, para la obtención de la capacidad portante utilizaron la tabla de parámetros característicos del suelo para la obtención de ángulo de fricción y la cohesión. En la Zona I presenta 3 tipos de suelos OH (suelos orgánicos con arena), OL (arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad) y MH (limo elástico arenoso), la capacidad de carga admisible para esta zona varía de 0.0 kg/cm^2 a 0.05 kg/cm^2 . La Zona II presenta 3 tipos de suelos CL (arcilla ligera arenosa), CH (arcillas densas arenosas) y ML (limo arenoso), la capacidad de carga admisible para esta zona varía de 0.05 kg/cm^2 a 1.0 kg/cm^2 . La Zona III presenta 2 tipos de suelos SM (arena limosa) y SC (arena arcillosa), la capacidad de carga admisible para esta zona varía entre 1.0 kg/cm^2 y 1.5 kg/cm^2 . La Zona IV presenta un solo tipo de suelo GC (gravas arcillosas), la capacidad de carga admisible para esta zona varía entre 2 kg/cm^2 y 2.5

kg/cm². Analizando los resultados obtenidos por Briones e Irigoín, podemos apreciar que la capacidad de carga admisible que presentan los tipos de suelos OH, CL, MH, y CH son menores comparándolos con los mismos tipos de suelos que presenta nuestra investigación, cabe mencionar que para la investigación de Briones e Irigoín se consideró un factor de seguridad de 3.5 a diferencia de nuestra investigación que presentamos un factor de seguridad de 3 para la obtención de la capacidad de carga admisible, aun así siguen siendo menores los valores obtenidos en sus estudios, mientras que, para el tipo de suelo SM el valor de la capacidad de carga admisible es mayor respecto a nuestros resultados, lo cual se debe a la variación que presentan los valores de ángulo de fricción y cohesión. Se puede considerar que al realizar los ensayos de corte directo se puede obtener datos más certeros a diferencia de utilizar las tablas de parámetros característicos del suelo, tal cual lo hizo Briones e Irigoín en su investigación.

Rosales en su investigación obtuvo 4 zonas geotécnicas las cuales fueron divididas de acuerdo al tipo de suelo y capacidad admisible de carga, obtuvo los siguientes resultados: Zona I identificó suelos de tipo CH (arcillas de alta plasticidad) según clasificación SUCS y en los parámetros geotécnicos obtuvo una capacidad de carga admisible promedio de 0.74 kg/cm², en la Zona II identificó suelos de tipo SM (arenas limosas) según clasificación SUCS y en los parámetros geotécnicos obtuvo una capacidad de carga admisible promedio de 1.00 kg/cm², en la Zona III identificó suelos de tipo SC (arenas arcillosas) según clasificación SUCS y en los parámetros geotécnicos obtuvo una capacidad de carga admisible promedio de 0.90 kg/cm², y en la Zona VI identificó suelos de tipo CL (arcillas de mediana plasticidad) según clasificación SUCS y en los parámetros geotécnicos obtuvo una capacidad de carga admisible promedio de 0.85 kg/cm². Realizando un análisis comparativo en bases al

tipo de suelo según clasificación SUCS y capacidad de carga admisible que registra la presente investigación, podemos apreciar que los resultados obtenidos por Rosales en la Zona I, Zona II y Zona VI, se asemejan con los resultados que obtuvimos tanto en la clasificación SUCS y capacidad de carga admisible, esto debido a la igualdad de valores que presentan ambos estudios en los valores de cohesión.

4.1.2. Implicancias

- Las autoridades del distrito de Catilluc con la presente investigación pueden dar a conocer a la población las zonas que son aptas para poder urbanizar y así puedan realizar sus edificaciones de manera segura.
- La investigación puede servir como elemento para implementar una adecuada gestión del territorio en su ámbito urbano, aplicando una adecuada planificación en cuanto a su expansión urbana lo cual redundará en un crecimiento ordenado y seguro, con enfoque en la gestión del riesgo de desastres.
- Se brinda una información confiable y de acceso público en especial para los estudiantes de ingeniería civil.

4.2 Conclusiones

De acuerdo con los objetivos específicos planteados, la hipótesis y el análisis de resultados para dar respuesta al planteamiento del problema, podemos detallar las siguientes conclusiones:

- La hipótesis planteada en la investigación respecto a la las zonas aptas para expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019; es verdadera, puesto que, los resultados obtenidos en los planos de zonificación por capacidad de carga admisible (q_{adm}) del suelo, determinan zonas aptas y medianamente aptas para urbanizar para suelos con

valores de q_{adm} mayores a 0.8 kg/cm^2 y las cuales efectivamente se ubican hacia el norte y sureste del ámbito de estudio.

- Mediante el análisis demográfico se determinó una tasa de crecimiento de 3.77% anual, con el que se proyectó un crecimiento poblacional para los próximos 11 años (2019-2030), de 50%, pasando de 478 habitantes (año 2019) a 718 habitantes (año 2030); lo que demandará mayor capacidad para la atención de demanda en cuanto al uso de suelo con fines habitacionales.
- Mediante la caracterización geotécnica de los suelos, se determinaron cinco (05) tipos, entre los cuales destacan los de tipo SM (arena limosa), presentando los siguientes valores en promedio: capacidad portante de 3.05 kg/cm^2 , capacidad de carga admisible de 1.02 kg/cm^2 , ángulo de fricción de 16.63° , cohesión de 0.12 kg/cm^2 y asentamiento probable de 1.0 cm. Suelo tipo CL (arcilla inorgánica), con capacidad portante de 2.67 kg/cm^2 , capacidad de carga admisible de 0.89 kg/cm^2 , ángulo de fricción de 11.85° , cohesión de 0.20 kg/cm^2 y asentamiento probable de 1.79 cm. Suelo tipo MH (limo inorgánico de alta plasticidad), con capacidad portante de 2.31 kg/cm^2 , capacidad de carga admisible de 0.77 kg/cm^2 , ángulo de fricción de 9° , cohesión de 0.22 kg/cm^2 y asentamiento probable de 1.79 cm. Suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad), con capacidad portante de 2.21 kg/cm^2 , capacidad de carga admisible de 0.74 kg/cm^2 , ángulo de fricción de 8.25° , cohesión de 0.22 kg/cm^2 y asentamiento probable de 1.79 cm. Finalmente, el suelo tipo OH (arcilla orgánica), con capacidad portante de 1.82 kg/cm^2 , capacidad de carga admisible de 0.61 kg/cm^2 , ángulo de fricción de 6.19° , cohesión de 0.20 kg/cm^2 y asentamiento probable de 1.87 cm.
- Los rangos para la zonificación por capacidad de carga admisible se fijaron en base a los valores obtenidos en los ensayos por corte directo y aplicando la teoría

de Karl Terzaghi para el cálculo de la capacidad de carga admisible, logrando delimitar tres (03) zonas, considerando una zona apta para urbanizar (color verde), en los suelos que presentan una capacidad de carga admisible mayor a 1.00 kg/cm^2 , zona medianamente apta para urbanizar (color anaranjado), para suelos que presentan una capacidad de carga admisible que va de 0.8 kg/cm^2 a 1.00 kg/cm^2 y zona no urbanizable (color rojo), para los suelos que presentan una capacidad de carga admisible menor a 0.8 kg/cm^2 .

- Mediante la elaboración del plano de zonificación por capacidad de carga admisible del suelo, se pudo determinar que, la Zona I (apta para urbanizar) ocupa una extensión de 4.51 Ha (26.25%) y se ubica al norte y sureste del ámbito de estudio; la Zona II (medianamente apta para urbanizar), presenta una extensión superficial de 4.09 Ha (23.81%), ubicándose al norte, noroeste y sureste de la ciudad. Finalmente, la Zona III (no urbanizable), es la que presenta una mayor extensión en todo el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, con una extensión de 8.59 Ha (49.94%), ubicándose principalmente al noroeste, sur y, en menor proporción, hacia el noreste de la ciudad.
- Mediante la elaboración del plano de zonificación por tipo de suelo se pudo determinar que, los SM (arena limosa) ocupan la mayor extensión superficial, con un total de 7.49 Ha (43.54%), y se ubican al norte y este y sureste del ámbito periurbano. El tipo de suelo CL (arcilla inorgánica), con una extensión superficial de 2.33 Ha (13.53%), se ubica hacia el oeste y este de la ciudad. El tipo de suelo MH (limo inorgánico de alta plasticidad), con una extensión superficial de 0.45 Ha (2.59%), se ubica únicamente hacia el sur del ámbito de estudio. El suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad), con una extensión de 1.91 Ha (11.10%), se

ubica hacia el suroeste. Finalmente, el tipo de suelo OH (arcilla orgánica), con una extensión de 5.03 Ha (29.24%), se ubica hacia oeste y sur del ámbito periurbano.

- Lo expuesto anteriormente permite concluir que las áreas aptas para urbanizar en base a la capacidad de carga admisible del suelo, se encuentran en las zonas I y II representados en el plano de zonificación por capacidad de carga admisible del suelo, con un total de 8.6 Ha (50.06%), y con suelos con una capacidad de carga admisible mayor a 0.8 kg/cm².

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Catilluc a tomar en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación con la finalidad de poder implementar una adecuada gestión urbana y territorial, además de poder proveer de datos fidedignos a la población para el adecuado diseño de sus edificaciones y el correcto uso del suelo.
- Se recomienda a las entidades públicas a realizar este tipo de investigación en su localidad con el fin de contribuir con el desarrollo y crecimiento territorial ordenado y seguro.
- Teniendo en cuenta las características físicas y mecánicas que presentan los suelos periurbanos del distrito de Catilluc, se recomienda considerar un crecimiento urbano dentro de la Zona I y II ya que presentan una capacidad admisible recomendable para urbanizar.
- Se recomienda eliminar la presencia de suelo orgánico, tierra vegetal o desmonte antes de iniciar la construcción de una edificación.

REFERENCIAS

- Luis M. Bozzo y Alex H. Barbat. (2000). *Diseño sismoresistente de edificios*. Barcelona: Reveté.
- ArcMap. (julio de 2010). *ArcMap*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-interpolation-analysis.htm>
- Bacci, M. L. (1981). *Introducción a la demografía*. Turin, Italia: Ariel.
- Badillos, J. (1974). *Mecánica de suelos*. Mexico: Limusa.
- Briones & Irigoin. (23 de 10 de 2015). “ZONIFICACIÓN MEDIANTE EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) Y LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO, PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL ANEXO LUCMACUCHO ALTO - SECTOR LUCMACUCHO, DISTRITO DE CAJAMARCA.”. Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca: Repositorio UPN.
- Carlos Albert Pérez, Juan Carlos Robledo Domínguez. (2020). *Las áreas urbanas funcionales en España: Economía y calidad de vida*. España: Fundacion BBVA, 2020.
- Castillo, M. (2017). Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia La Matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Chafloque Estofanero, K. B., & Vallejos Caballero, J. F. (23 de noviembre de 2016). Estrategias de ordenamiento urbano en el distrito de Chiclayo por efectos de la migración. Pimentel, Perú.
- Collazos, R. E. (2005). Escenarios de crecimiento urbano en el municipio. Tiquipaya, Tiquipaya, Bolibia.
- Córdova, Y. y Montalvan, C. (2017). Zonificación geotécnica del barrio centro del distrito de Picota, provincia Picota - región San Martín. Tarapoto, Perú.
- Das, B. M. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. En B. M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (pág. 151). Mexico: THOMSON LEARNING.
- Diaz, R. O. (2012). *Caracterización geotécnica*. Colombia.
- Fernandez G, R. (2015). Capacidad portante con fines de cimentación mediante los ensayos spt y corte directo en el distrito de Aguas Verdes-Tumbes. Aguas verdes, Tumbes, Tumbes.
- García, Santa Cruz, Rubio y Marces. (2015). *Desarrollo o crecimiento urbano en Lima*:. Lima.
- Gatica, F. (1975). La urbanización en América Latina: aspectos espaciales y demográficos del crecimiento urbano y de la concentración de la población. *CEPAL*, 26.
- Geoinnova. (11 de julio de 2019). *Geoinnova*. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-interpolacion-espacial-de-datos/>
- Geologia publicaciones. (4 de 8 de 2019). *Geologia publicaciones*. Obtenido de <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
- Giorgi, J. (16 de noviembre de 2017). *El observador*. Obtenido de <https://www.elobservador.com.uy/nota/america-latina-es-la-region-mas-urbanizada-del-mundo-en-desarrollo-20171116500>

- Lara, J. (1994). Microzonificación sísmica de las ciudades de Moyobamba, Rioja y Soritor. Moyobamba, San Martín, Perú.
- Lopez, D. (03 de 10 de 2013). “Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio”. “*Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio*”. Lima, Lima, Lima: Repositorio UNMSM.
- Monkhouse, F. J. (1978). *Diccionario de términos geográficos*. Barcelona: Oikos-tau ediciones,.
- Muelas, A. R. (2015). *Repositorio UNED*. Obtenido de http://www.uned.es/dptoicf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/images/mecansueloycimentacionescap_1.pdf.
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JUAN BAUTISTA. (11 de 01 de 2008). ZONIFICACIÓN Y USOS DE SUELO DEL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA. AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO.
- Organización de Naciones Unidas. (16 de mayo de 2018). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- P. Hofstee & M. Brussel. (1999). *Análisis de aptitud para la expansión urbana*. Netherlands: International Institute for Geoinformation Sciences and Earth Observation (ITC),.
- Ravines,. (18 de 10 de 2017). Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos del y corte directo para la ciudad de José Gálvez - Celendín - Cajamarca. *Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos del y corte directo para la ciudad de José Gálvez - Celendín - Cajamarca*. CAJAMARCA, CELENDIN, CAJAMARCA: Repositorio UNC.
- Requena, B. (2014). *Universo Fórmulas*. Obtenido de <https://www.universoformulas.com/estadistica/inferencia/muestreo-discrecional/>
- Revista de la construcción. (2010). Análisis Comparativo de Métodos para la Medición del Ángulo de Reposo de Suelos Granulares. *Revista de la construcción*, 98-106.
- Rodríguez, Huamán, Marchena y Colina. (2003). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.
- Rodríguez, J. (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. *Revista latinoamericana de población*, 27-64.
- Romero y Vásquez, 2. (2009). *El crecimiento espacial de las ciudades intermedias chilenas de Chillán y Los Ángeles y sus impactos sobre la ecología de paisajes urbanos*. Chile.
- Rosales, L. (2017). Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra. Juan Guerra, San Martín, Perú.
- UNFPA. (2017). *Ciudad, espacio y población: el proceso de urbanización en Colombia*. Colombia.
- Vásquez, G. C. (2009). *ESTUDIO DE GEOLOGIA-GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA. CAJAMARCA*.
- Velayarce, P. (2018). Zonificación de la capacidad portante del suelo en el asentamiento humano San Juan – distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín. Tarapoto, San Martín, Perú.
- Whitman, T. &. (1972). *Mecanica de suelos*. Mexico: Limusa.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Formato de guía de observación de calicatas

TESIS:

Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.


DATOS INFORMATIVOS:

1.1 N° Calicata:	
1.2 Distrito:	
1.3 Provincia:	
1.4 Departamento:	
1.5 Coordenadas:	
1.6 Altitud:	
1.7 Profundidad:	

CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA:

N° estrato	Espesor (m)	Descripción

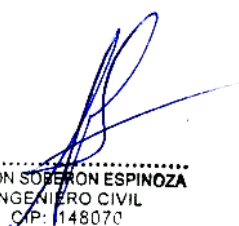
Instrumento validado por:



William A. Hernández Mejía
INGENIERO CIVIL
CIP. 173427
CIV. 12124



DANTE AMERICO MARIN URBINA
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 222729



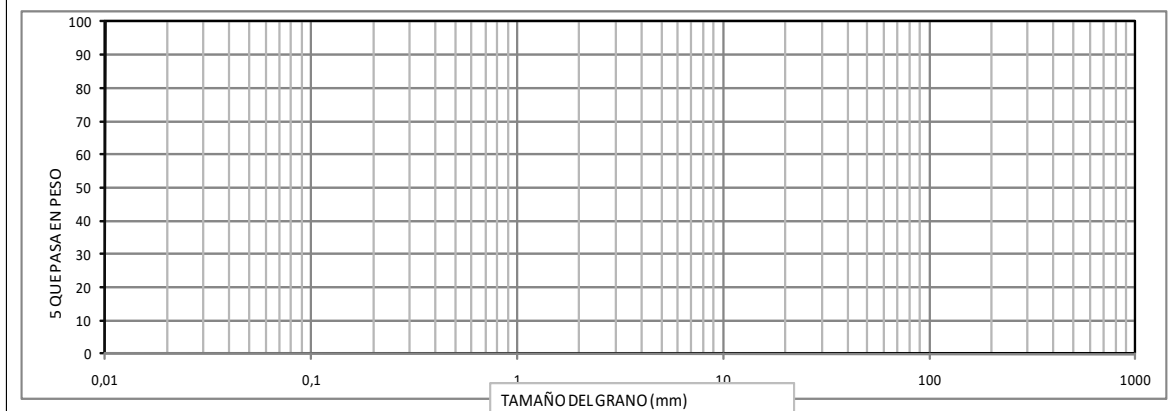
WILSON SOBERÓN ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP: 1148070

ANEXO N° 02. Formatos empleados en el estudio de mecánica de suelos

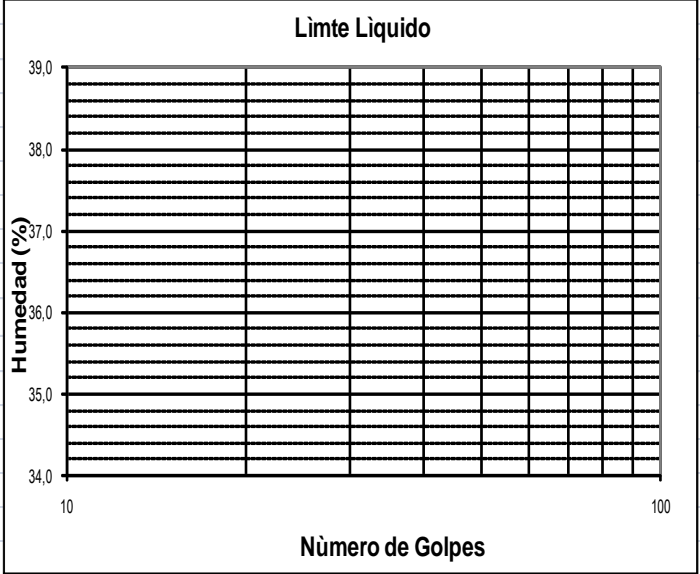
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICA- CIONES			
4"	101,6								
3"	76,200								
2 1/2"	63,500								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525						RESULTADOS DE ENSAYOS		
1/4"	6,350								
N° 4	4,760								
N° 6	3,360								
N° 8	2,380								
N° 10	2,000								
N° 16	1,190								
N° 20	0,840								
N° 30	0,590								
N° 40	0,426								
N° 50	0,297								
N° 80	0,177								
N° 100	0,149								
N° 200	0,074								
-200									

CURVA GRANULOMETRICA



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos “WFM”

LIMITES DE CONSISTENCIA																				
(NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)																				
LIMITE LIQUIDO ASTM D-423																				
TARA N°																				
N° DE GOLPES																				
TARA+SUELO HUMEDO																				
TARA+SUELO SECO																				
PESO DEL AGUA																				
PESO DE LA TARA																				
PESO DEL SUELO SECO																				
HUMEDAD (%)																				
LIMITE PLASTICO ASTM D-424																				
TARA N°																				
TARA+SUELO HUMEDO																				
TARA+SUELO SECO																				
PESO DEL AGUA																				
PESO DE LA TARA																				
PESO DEL SUELO SECO																				
HUMEDAD (%)																				
HUMEDAD PROMEDIO (%)																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Limites de Consistencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Limites de Consistencia								Observaciones							
Limites de Consistencia																				
Observaciones																				

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos “WFM”

REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORM

UBICACIÓN		CALICATA		SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% Pasa Malla Nº 200
PERFORACION AL TIPO	MUESTRA	DESCRIPCION	AASHTO		SUCS	L.L.	L.P	IP		
PROFUNDIDAD (m)	0,20									
	0,40									
	0,60									
	0,80									
	1,00									
	1,20									
	1,50									
	2,00									
	2,50									
	3,00									

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos “WFM”

ANEXO N° 03. Certificado de calibración de estación total



**COSOLA
GROUP** S.A.C.
www.cosola.com / www.cosola.net

Av. Petit Thouars 143
Santa Beatriz - Lima - Pe
Telfs.: 01-265-0096 / 01-265-101
E-Mail: cosola@cosola.co

CERTIFICADO DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	01"
Marca :	LEICA	Lectura mínima :	0.1"/01"/5"/10"
Modelo :	TS-06 Plus-1"	Precisión de distancia :	Prisma:1.5mm+2.0ppm No Prisma: 2 mm+2 ppm
		Precisión con láser :	2mm+2ppm ²
N° de Equipo :	7557215	Alcance a diana reflectante (60 mm x 60 mm) :	250 m
Serie :	1401476	Alcance :	3.500 m.c/01 prisma - No prisma: 1.5 a 500 m.
Art. No. :	785782	Lectura mínima :	01 mm

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : 009-221/19
Fecha : 20/12/2019

ENTIDAD CERTIFICADORA:

COSOLA GROUP S.A.C.

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador Original LEICA modelo DNA de serie 11928 de precisión con telescopio de 40x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01"; que es patronado periódicamente por una Estación Total TS-11 1" nueva de precisión 01" con el método de lectura Directa-Inversa.

Para controlar y calibrar la constante promedio en las Distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Marca LEICA modelo TS-11 1" nueva de precisión en distancia de +/- (1.0m m + 1.5 ppm x D) m.s.e. = línea de la medida.

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cimiento específico del colimador DNA LEICA a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada en una base pilar fijada en el suelo, y el prisma estacionado sobre un puesto de control, tomando en consideración la temperatura y la presión atmosférica.

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF.
ANG. HZ: 00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00"	00"
ANG. V: 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00"	00"

INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 01" Distancias +/- 03mm

NORMA APLICADA

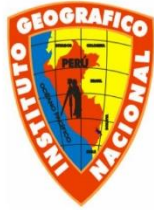
Desviación estándar basada en la norma ISO 17123-3 ISO 17123-4 Rango > 500m 1.5mm+2ppm para Estación TS-06 PLUS 1" fabricada por LEICA Geosystems.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
20/12/2018		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
COSOLA GROUP S.A.C.	ZAG SERVICE E.I.R.L RUC: 20495783856	
COSOLA GROUP S.A.C. Pedro Andía Grao Gerente Técnico Firma y Sello	Firma y Sello	

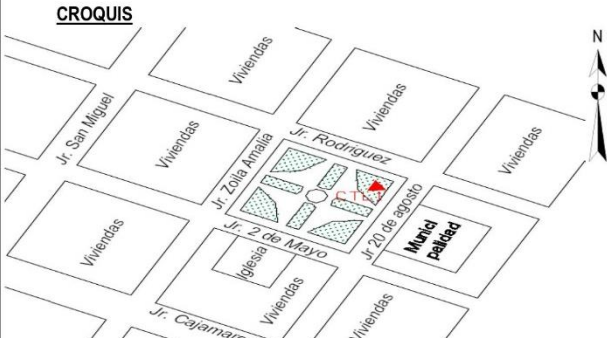
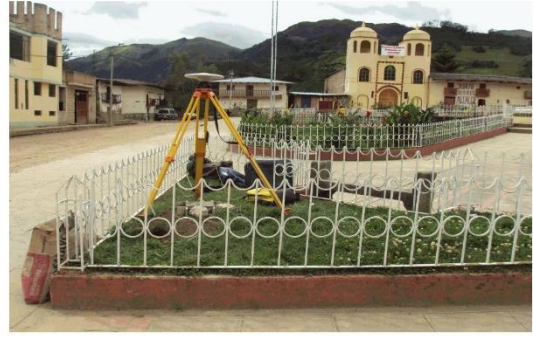
ANEXO N° 04. Datos monográficos de puntos geodésicos



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

DIRECCIÓN DE GEODESIA

DESCRIPCION MONOGRÁFICA

CODIGO : CTL1	LOCALIDAD : CATILLUC	ESTABLECIDA POR : INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL		
UBICACION : PLAZA DE ARMAS		CARACTERISTICAS DE LA MARCA : DISCO DE BRONCE 5 CM		
LATITUD (S) WGS-84 06°48'06.471360"		LONGITUD (O) WGS-84 78°46'44.968000"		
NORTE (Y) WGS-84 9247597.96967677		ESTE (X) WGS-84 745456.47055519		
ALTURA ELIPSOIDAL 2864.9528	ZONA UTM 17 SUR	FACTOR ESCAL 1.000345294148	ORDEN C	
<p>CROQUIS</p> 				
<p>LOCALIZACIÓN : Distrito : CATILLUC Provincia : SAN MIGUEL Departamento : CAJAMARCA</p> <p>DESCRIPCIÓN : La Estación "CTL1", se encuentra ubicada en el jardín noreste de la plaza de armas del distrito de Catilluc.</p> <p>MARCA DE LA ESTACIÓN: Es un disco de bronce de 5 cm. de diámetro, incrustado en un bloque de concreto de 20 cm de ancho, 20 cm de largo, 40 cm de alto y lleva grabado la siguiente inscripción: "IGN - PCDPI – CTL1 - C - 2010".</p> <p>REFERENCIA : Carta Nacional Escala 1/100 000, Hoja 14-f Chota.</p>				
DESCRITA POR:	REVISADO:	JEFE PROYECTO	FECHA:	
De la Cruz / Mamani	My. Ing. C. Sierra F.	Cap. Ing. H. Segura M.	Junio 2010	



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

DIRECCIÓN DE GEODESIA

DESCRIPCION MONOGRÁFICA

CODIGO : CTL2	LOCALIDAD : CATILLUC	ESTABLECIDA POR : INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL		
UBICACION : INTERSECCIÓN DEL JR CHOTA Y EL JR DOS DE MAYO		CARACTERISTICAS DE LA MARCA : DISCO DE BRONCE 5 CM		
LATITUD (S) WGS-84 06°48'10.344210"		LONGITUD (O) WGS-84 78°46'41.065880"		
NORTE (Y) WGS-84 9247478.49496340		ESTE (X) WGS-84 745575.79088650		
ALTURA ELIPSOIDAL 2880.4945		ZONA UTM 17 SUR	FACTOR ESCAL 1.000346018525	ORDEN C
<p>CROQUIS</p> 				
<p>LOCALIZACIÓN : Distrito : CATILLUC Provincia : SAN MIGUEL Departamento : CAJAMARCA</p> <p>DESCRIPCIÓN : La Estación "CTL2", se encuentra ubicada en el jardín de la intersección del jr Chota y el jr Dos de Mayo, aproximadamente a 100 m noreste de la Plaza de Armas del distrito de Catilluc.</p> <p>MARCA DE LA ESTACIÓN: Es un disco de bronce de 5 cm. de diámetro, incrustado en un bloque de concreto de 20 cm de ancho, 20 cm de largo, 40 cm de alto y lleva grabado la siguiente inscripción: "IGN - PCDPI – CTL2 - C - 2010".</p> <p>REFERENCIA : Carta Nacional Escala 1/100 000, Hoja 14-f Chota.</p>				
DESCRITA POR:	REVISADO:	JEFE PROYECTO	FECHA:	
De la Cruz / Mamani	My. Ing. C. Sierra F.	Cap. Ing. H. Segura M.	Junio 2010	

ANEXO N° 05. Estudio de mecánica de suelos (calicata N° 1 y calicata N° 20)



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

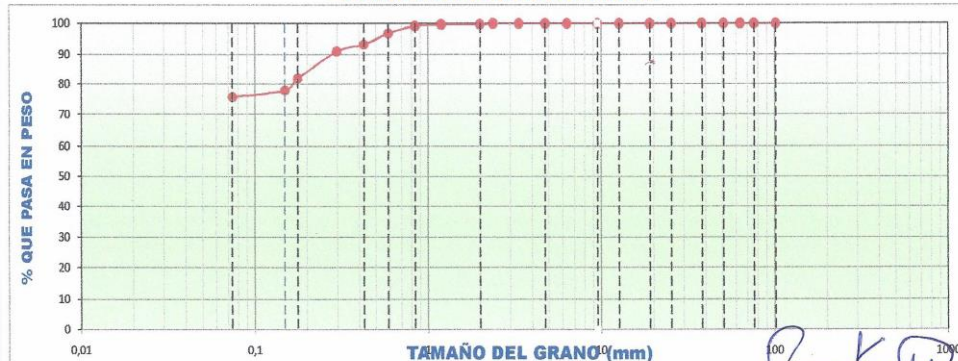
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(AASHTO T-27 ASTM D 422)

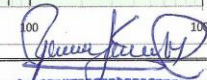
TESIS	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019		
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		
CALICATA	: N° 1	PROFUNDIDAD (m): 2,00	COORDENADAS UTM. N 9247514,3450 E. 745850,7770
TESISTAS	: BACH. WILSON MICHAEL HERNÁNDEZ BECERRA Y BACH. HECTOR LUIS TORRES CASTAÑEDA		
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019		

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES			
4"	101,6						Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200						Peso de la Tara	7,9	
2 1/2"	63,500						Tara + Suelo Humedo	491,4	
2"	50,800						Tara + Suelo Seco	382,5	
1 1/2"	38,100						Peso del agua	108,9	
1"	25,400						Peso del suelo neto	374,6	
3/4"	19,050						% de Humedad	29,07	
1/2"	12,700						RESULTADOS DE ENSAYOS		
3/8"	9,525						- LÍMITE LÍQUIDO (%)	:	37,46
1/4"	6,350						- LÍMITE PLÁSTICO (%)	:	20,34
N° 4	4,760	-	-	-	100,0		- ÍNDICE PLASTICIDAD (%)	:	17,12
N° 6	3,360						- CLASIFICACIÓN SUCS	:	CL
N° 8	2,380						- CLASIFICACIÓN AASHTO	:	A-6 (12)
N° 10	2,000	5,2	0,3	0,3	99,7		- % de Humedad	:	29,1
N° 16	1,190						DATOS DE LA MUESTRA		
N° 20	0,840	8,9	0,5	0,8	99,2		- PESO TOTAL (gr)	:	1800,0 100,0 %
N° 30	0,590	42,3	2,4	3,1	96,9		- PESO GRAVA (gr)	:	0,0 0,0 %
N° 40	0,426	65,1	3,6	6,8	93,3		- PESO ARENA (gr)	:	1800,0 100,0 %
N° 50	0,297						- PESO FRACCIÓN (gr)	:	
N° 80	0,177	164,8	9,2	18,1	81,9				
N° 100	0,149	70,7	3,9	22,1	77,9				
N° 200	0,074	40,4	2,2	24,3	75,7				
-200		1.362,4	75,7						

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú - Tel. 076 341560 Mov. 976 699861
RPC. 976 385815 - Email. wilfredofernandezm@hotmail.com



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

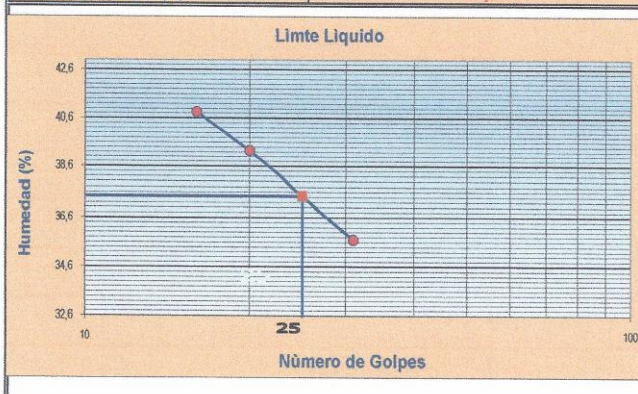
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

PROYECTO	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA	: N°1 PROFUNDIDAD(m): 2,00 COORDENADAS UTM. N 9247514,3450 E. 745850,7770
TESISTAS	: BACH. WILSON MICHAEL HERNÁNDEZ BECERRA Y BACH. HECTOR LUIS TORRES CASTAÑEDA
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423			
TARA N°	A1	A2	A3
N° DE GOLPES	16	20	31
TARA+SUELO HUMEDO	33,99	31,18	29,10
TARA+SUELO SECO	28,88	26,57	25,28
PESO DEL AGUA	5,11	4,61	3,82
PESO DE LA TARA	16,38	14,83	14,58
PESO DEL SUELO SECO	12,50	11,74	10,70
HUMEDAD (%)	40,88	39,27	35,70

LIMITE PLASTICO ASTM D-424			
TARA N°	1	2	
TARA+SUELO HUMEDO	23,27	17,68	
TARA+SUELO SECO	22,38	16,62	
PESO DEL AGUA	0,89	1,06	
PESO DE LA TARA	18,03	11,38	
PESO DEL SUELO SECO	4,35	5,24	
HUMEDAD (%)	20,46	20,23	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	20,34		



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	37,46
Límite Plástico	20,34
Índice Plástico	17,12

Observaciones	

Wilfredo R. Fernández Muñoz
Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP. 20002



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORMA

: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019											
UBICACIÓN : : DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA											
CALICATA : N°1 PROF (m). 2,00											
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019											
UBICACIÓN : PERFORACION AL TIPO CIELO ABIERTO	MUESTRA	CALICATA			SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% Pasa Malla N° 200
		DESCRIPCION				AASHTO	SUCS	L.L.	L.P	IP	
0,20		Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal pasto natural									
0,40		Presenta arcillas inorgánicas de media plasticidad, arcillas arenosas, magras y limosas de color marrón claro amarillento, estos suelos son impermeables con resistencia a la tubificación alta, resistencia al cortante media, susceptibilidad al agrietamiento de mediano a alta. No se encontró la napa freática MUESTRA EXTRAIDA									
0,60											
0,80											
1,00											
1,20	M-1				A-6(12)	CL	37,46	20,34	17,12	75,7	
1,40											
1,80											
1,90											
2,00											


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP. 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

PROYECTO	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019		
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		
CALICATA	: N° 1 - PROFUNDIDAD (m) : 2,00	COORDENADAS UTM. N 9247514,3450 E. 745850,7770	
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019		

DATOS DE LA MUESTRA				
Ángulo rozamiento interno ϕ :	11,70	°	12	°
Peso específico suelo, γ :	1,59	gr/cm ³	0,0016	kg/cm ³
Profundidad cimentación, D:	2,00	m	200	cm
Tensión vertical, q:			0,32	kg/cm ²
Cohesión, c:	0,20	kg/cm ²	0,20	kg/cm ²
Factor de seguridad, F:	3		3	
Ancho cimentación, B:	1,40	m	140	cm
Peso de la estructura:	60,00	Tn	60000	Kg
Módulo de poisson (μ)	AA	0,25	unidimensional	
Módulo de elasticidad (Es)	AM	675,00	Tn/m ²	
Forma de Zapata	Rect. L/B=2			
Valores del Factor de forma IF (cm/m)	CENTRO	ESQUINA	MEDIO	
	153	77	120	

Para ϕ igual a 0 =>	Ángulo de rozamiento interno (ϕ)=	0	Radianes
	$Nq=(1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi) \cdot e^{+2\phi}$	1,00	
	$Nc=(Nq-1)\text{cotag}\phi$	5,14	
	$N\gamma=2*(Nq-1) \cdot \text{tag}\phi$	0,00	

Para ϕ distinto de 0 =>	Ángulo de rozamiento interno (ϕ)=	0,20	Radianes
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	$Nq=(1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi) \cdot e^{+2\phi}$	2,89	1,93
	$Nc=(Nq-1)\text{cotag}\phi$	9,13	6,09
	$N\gamma=2*(Nq+1) \cdot \text{tag}\phi$	1,61	1,07

FORMULA GENERAL DE TERZAGHI

CIMENTACIÓN CONTINUA	$q_b = \left(\frac{2}{3}c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma\right)$	SUELOS POR FALLA LOCAL POR CORTE REF. BRAJA M. DAS PAG.139 FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES
CIMENTACIÓN CUADRADA	$q_b = (0,867c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$	
CIMENTACIÓN CIRCULAR	$q_b = (0,867c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$	

Capacidad Admisible cimentación continua q_{adm} =	$\left(\frac{q_b}{F}\right)$	0,77	kg/cm ²
Capacidad Admisible cimentación cuadrada q_{adm} =	$\left(\frac{q_b}{F}\right)$	0,88	kg/cm ²
Capacidad Admisible cimentación circular q_{adm} =	$\left(\frac{q_b}{F}\right)$	0,87	kg/cm ²

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 20002



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755

RUC. 10266305856

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$

	Centro	Esquina	Medio
$S_i =$	1,79 cm	0,90 cm	1,40 cm

$S_i =$	1,79 cm
---------	---------

COEFICIENTE DE BALASTO

$$K = 1.2 \frac{(E_s)}{(1-\mu^2)} 0.07$$

	K
$S_i =$	6,05 kg/cm ³


 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución Nº 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor Nº C2755
RUC. 10266305856

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

TESIS	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019		
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		
CALICATA	: N°20	PROFUNDIDAD (m): 2,00	COORDENADAS UTM. N 9247773,9020 E. 745563,9680
TESISTAS	: BACH. WILSON MICHAEL HERNÁNDEZ BECERRA Y BACH. HECTOR LUIS TORRES CASTAÑEDA		
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019		

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICA- CIONES			
4"	101,6						Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200						Peso de la Tara	14,0	
2 1/2"	63,500						Tara + Suelo Humedo	384,3	
2"	50,800						Tara + Suelo Seco	369,5	
1 1/2"	38,100						Peso del agua	14,8	
1"	25,400						Peso del suelo neto	355,5	
3/4"	19,050						% de Humedad	4,16	
1/2"	12,700								
3/8"	9,525	-	-	-	100,0		RESULTADOS DE ENSAYOS		
1/4"	6,350	-	-	-	100,0		- LÍMITE LÍQUIDO (%)	:	20,52
N° 4	4,750	3,9	0,5	0,5	99,5		- LÍMITE PLÁSTICO (%)	:	NP
N° 6	3,360						- ÍNDICE PLASTICIDAD (%)	:	NP
N° 8	2,380						- CLASIFICACIÓN SUCS	:	SM
N° 10	2,000	2,1	0,2	0,7	99,3		- CLASIFICACIÓN AASHTO	:	A-4 (0)
N° 16	1,190						- % de Humedad	:	4,2
N° 20	0,840	10,9	1,3	2,0	98,0		DATOS DE LA MUESTRA		
N° 30	0,590	30,3	3,6	5,6	94,4		- PESO TOTAL (gr)	:	850,0 100,0 %
N° 40	0,426	36,2	4,3	9,8	90,2		- PESO GRAVA (gr)	:	3,9 0,5 %
N° 50	0,297						- PESO ARENA (gr)	:	846,1 99,5 %
N° 80	0,177	216,6	25,5	42,4	57,6		- PESO FRACCIÓN (gr)	:	
N° 100	0,149	54,3	6,4	48,7	51,3				
N° 200	0,074	112,2	13,2	61,9	38,1				
-200		323,5	38,1						

CURVA GRANULOMÉTRICA



Wilfredo R. Fernández Muñoz
Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

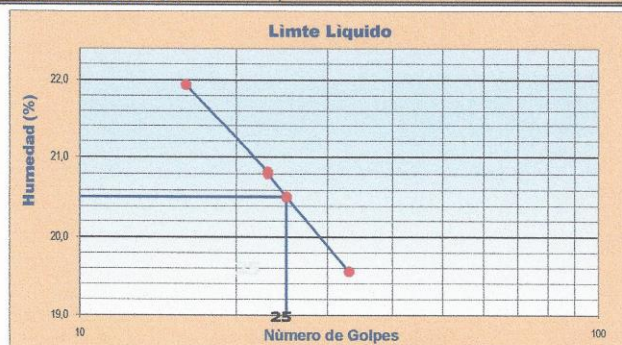
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

PROYECTO	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA	: N°20 PROFUNDIDAD(m): 2,00 COORDENADAS UTM. N 9247773,9020 E. 745563,9680
TESISTAS	: BACH. WILSON MICHAEL HERNÁNDEZ BECERRA Y BACH. HECTOR LUIS TORRES CASTAÑEDA
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423			
N° DE GOLPES	33	23	16
TARA+SUELO HUMEDO	27,16	31,42	27,46
TARA+SUELO SECO	25,04	28,96	25,11
PESO DEL AGUA	2,12	2,46	2,35
PESO DE LA TARA	14,20	17,14	14,40
PESO DEL SUELO SECO	10,84	11,82	10,71
HUMEDAD (%)	19,56	20,81	21,94
LIMITE PLASTICO ASTM D-424			
TARA+SUELO HUMEDO			
TARA+SUELO SECO			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO DEL SUELO SECO			
HUMEDAD (%)			
HUMEDAD PROMEDIO (%)			

NO PLASTICO



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	20,52
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	NP

Observaciones	


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755
RUC. 10266305856

REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORMA

: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019										
UBICACIÓN : DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA										
CALICATA : N° 20 PROF (m). 2,00										
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019										
UBICACIÓN : PERFORACION AL TIPO CIELO ABIERTO	CALICATA			SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% Pasa Malla N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION			AASHTO	SUCS	L.L.	L.P	IP	
0,20		Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal pasto natural								
0,40										
0,60										
0,80										
1,00										
1,20	M-1	Presenta arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas mezcladas con 0,5% de gravas, 61,4% de arena 9,3% de arena gruesa, 52,1% de arena fina y 38,1 de material fino de limos y arcillas, de color marrón claro, son suelos semipermeables a permeables, resistencia a la tubificación de media a baja, con resistencia al cortante alta, la compresibilidad es baja , susceptibilidad al agrietamiento de mediana a alta, manejabilidad de buena a correcta. No se encontró la napa freática.			A-4(0)	SM	20,52	NP	NP	38,1
1,40										
1,80										
1,90										
2,00		MUESTRA EXTRAIDA								


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución Nº 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor Nº C2755
RUC. 10266305856

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

PROYECTO	: EXPANSIÓN URBANA Y ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ÁMBITO PERIURBANO DE LA CIUDAD CAPITAL DEL DISTRITO DE CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, REGIÓN CAJAMARCA, 2019
UBICACIÓN	: DISTRITO CATILLUC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA	: N°20 - PROFUNDIDAD (m) : 2,00 COORDENADAS UTM. N 9247773,9020 E. 745563,9680
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2019

DATOS DE LA MUESTRA				
Ángulo rozamiento interno ϕ :	16,20	°	16	°
Peso específico suelo, γ :	1,60	gr/cm ³	0,0016	kg/cm ³
Profundidad cimentación, D:	2,00	m	200	cm
Tensión vertical, q:			0,32	kg/cm ²
Cohesión, c:	0,13	kg/cm ²	0,13	kg/cm ²
Factor de seguridad, F:	3		3	
Ancho cimentación, B:	1,40	m	140	cm
Peso de la estructura:	60,00	Tn	60000	Kg
Módulo de poisson (μ)	AF		0,25	unidimensional
Módulo de elasticidad (Es)	AL	1250,00		Tn/m ²
Forma de Zapata			Rect. L/B=2	
Valores del Factor de forma IF (cm/m)		CENTRO	ESQUINA	MEDIO
		153	77	120

Para ϕ igual a 0 =>	Ángulo de rozamiento interno (ϕ)=	0	Radianes
	$Nq=(1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi) \cdot e^{2\text{tag}\phi}$	1,00	
	$Nc=(Nq-1)\text{cotag}\phi$	5,14	
	$N\gamma=2*(Nq-1)\cdot\text{tag}\phi$	0,00	

Para ϕ distinto de 0 =>	Ángulo de rozamiento interno (ϕ)=	0,28	Radianes
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	$Nq=(1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi) \cdot e^{2\text{tag}\phi}$	4,42	2,95
	$Nc=(Nq-1)\text{cotag}\phi$	11,77	7,85
	$N\gamma=2*(Nq+1)\cdot\text{tag}\phi$	3,15	2,10

FORMULA GENERAL DE TERZAGHI

CIMENTACIÓN CONTINUA	$q_n = \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma\right)$	SUELOS POR FALLA LOCAL POR CORTE REF. BRAJA M. DAS PAG.139 FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES
CIMENTACIÓN CUADRADA	$q_n = (0,867 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$	
CIMENTACIÓN CIRCULAR	$q_n = (0,867 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$	

Capacidad Admisible cimentación continua q_{adm} =	$\left(\frac{q_n}{F}\right)$	0,93	kg/cm ²
Capacidad Admisible cimentación cuadrada q_{adm} =	$\left(\frac{q_n}{F}\right)$	1,01	kg/cm ²
Capacidad Admisible cimentación circular q_{adm} =	$\left(\frac{q_n}{F}\right)$	0,98	kg/cm ²

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución Nº 014751-2005/OSD-INDECOPI
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor Nº C2755
RUC. 10266305856

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$

	Centro	Esquina	Medio
$S_i =$	0,96 cm	0,49 cm	0,76 cm

$S_i =$	0,96 cm
---------	---------

COEFICIENTE DE BALASTRO

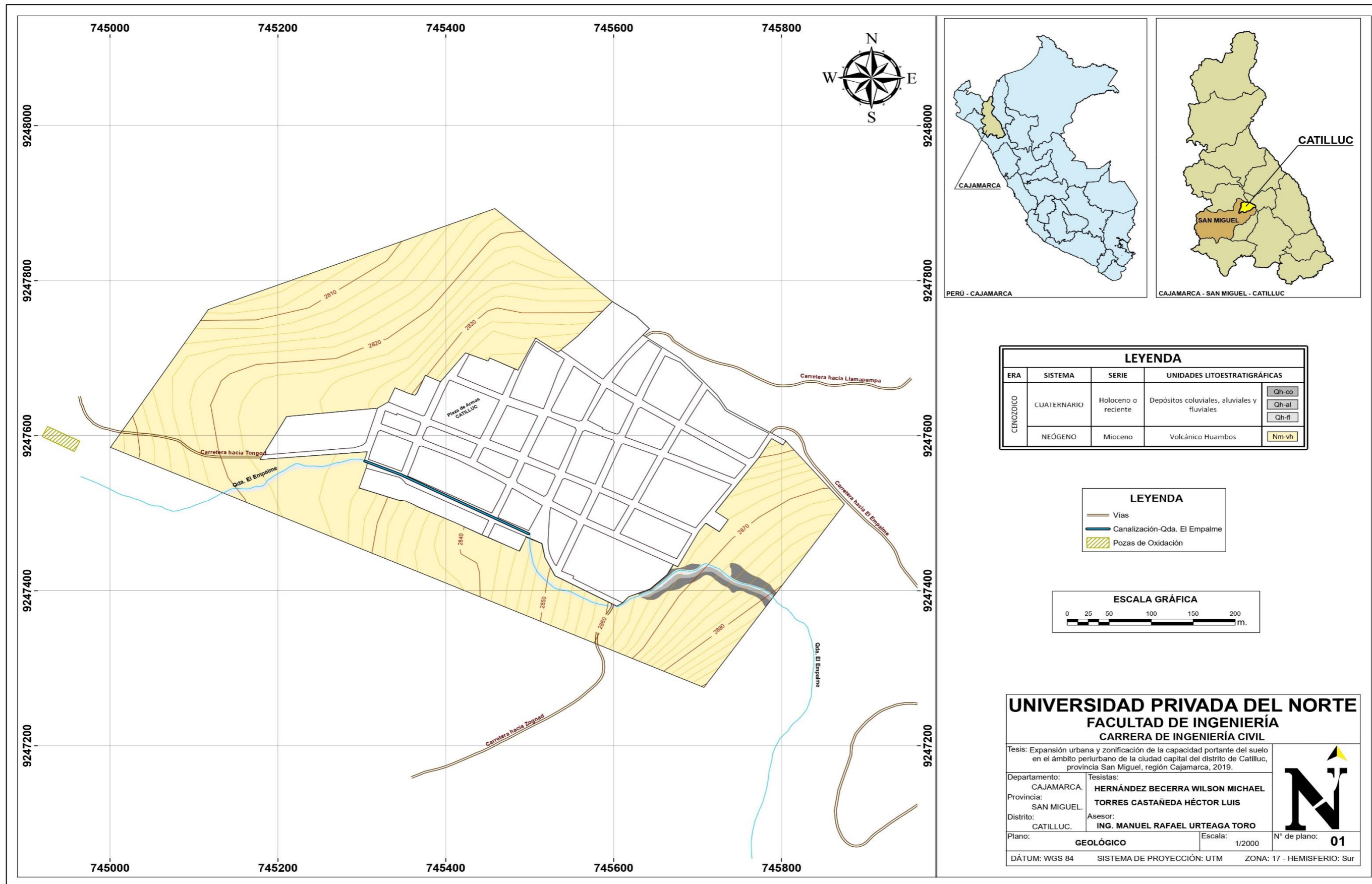
$$K = 1.2 \frac{(E_s)}{(1-\mu^2)} 0.07$$

	K
$S_i =$	11,20 kg/cm ³

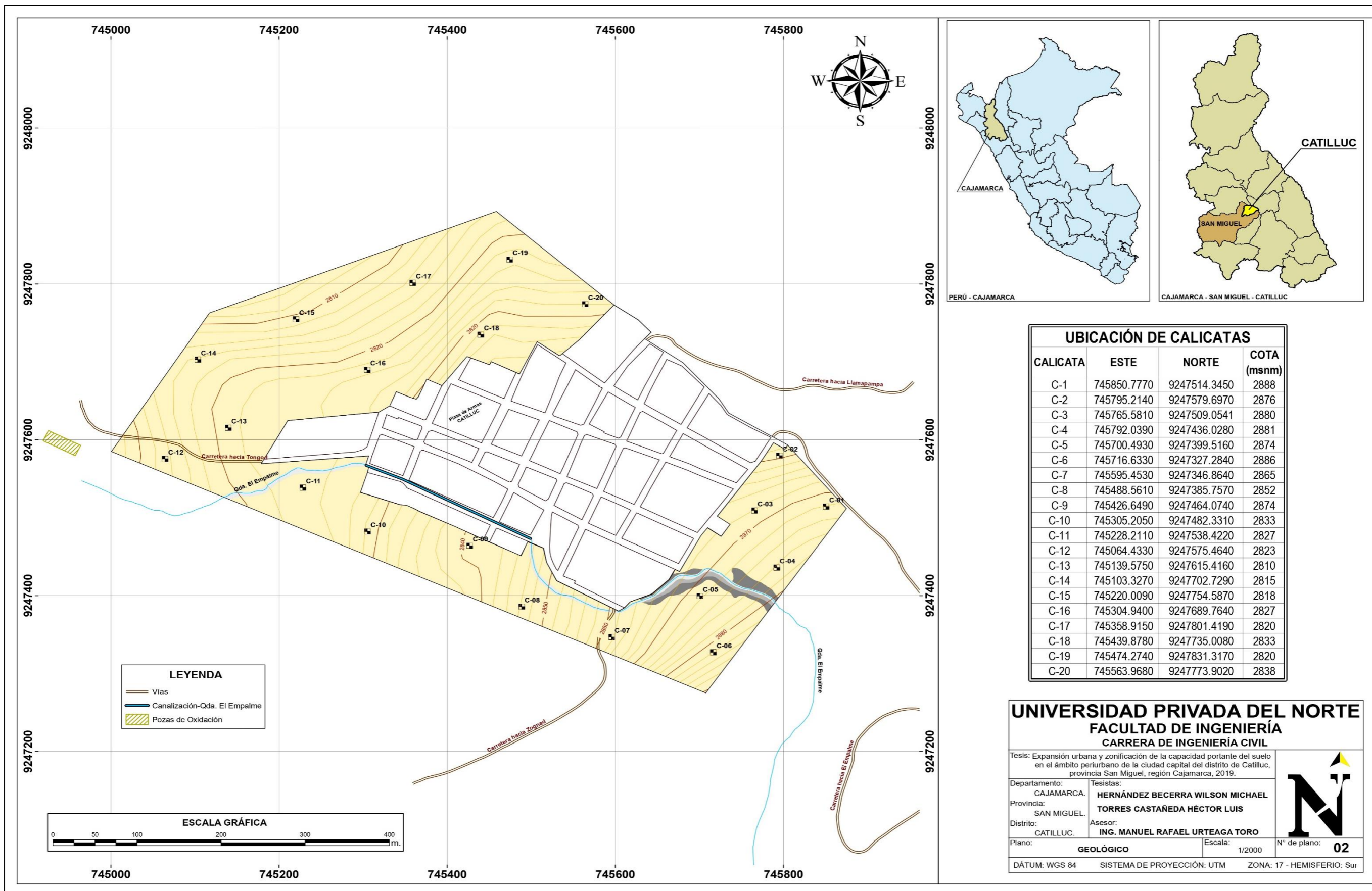


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682

ANEXO N° 06. Plano geológico



ANEXO N° 07. Plano de ubicación de calicatas



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

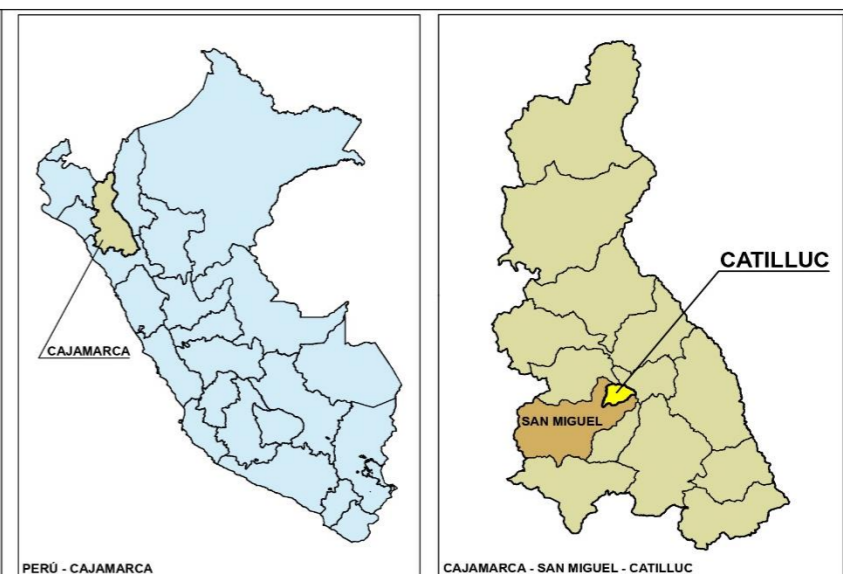
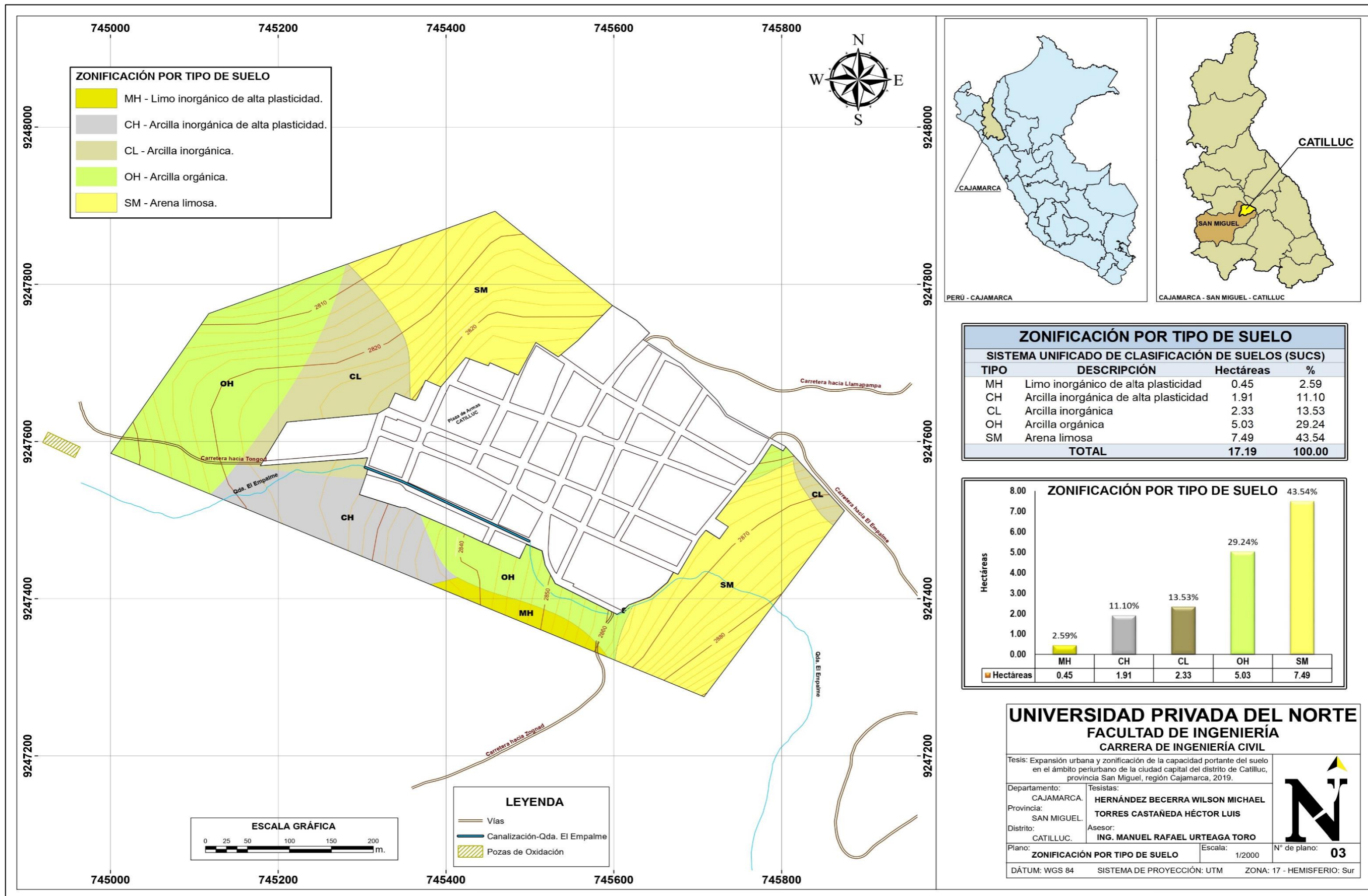
Tesis: Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.

Departamento: CAJAMARCA. Tesisistas: **HERNÁNDEZ BECERRA WILSON MICHAEL**
 Provincia: SAN MIGUEL. **TORRES CASTAÑEDA HÉCTOR LUIS**
 Distrito: CATILLUC. Asesor: **ING. MANUEL RAFAEL URTEAGA TORO**

Plano: **GEOLÓGICO** Escala: 1/2000 N° de plano: **02**

DÁTUM: WGS 84 SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM ZONA: 17 - HEMISFERIO: Sur

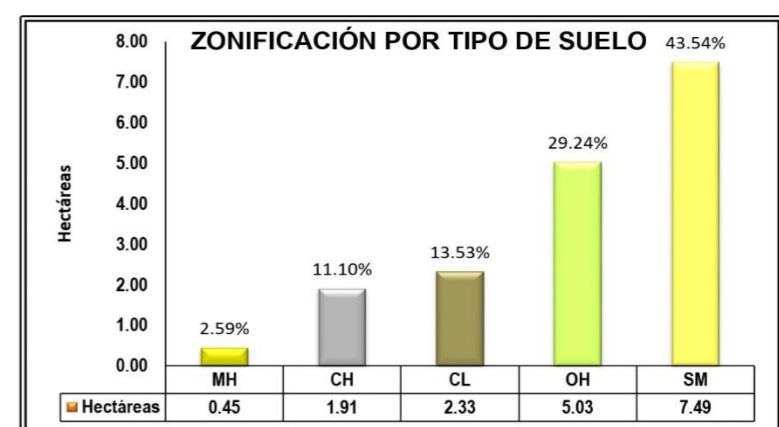
ANEXO N° 08. Plano de zonificación por tipo de suelo



ZONIFICACIÓN POR TIPO DE SUELO

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

TIPO	DESCRIPCIÓN	Hectáreas	%
MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	0.45	2.59
CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	1.91	11.10
CL	Arcilla inorgánica	2.33	13.53
OH	Arcilla orgánica	5.03	29.24
SM	Arena limosa	7.49	43.54
TOTAL		17.19	100.00



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

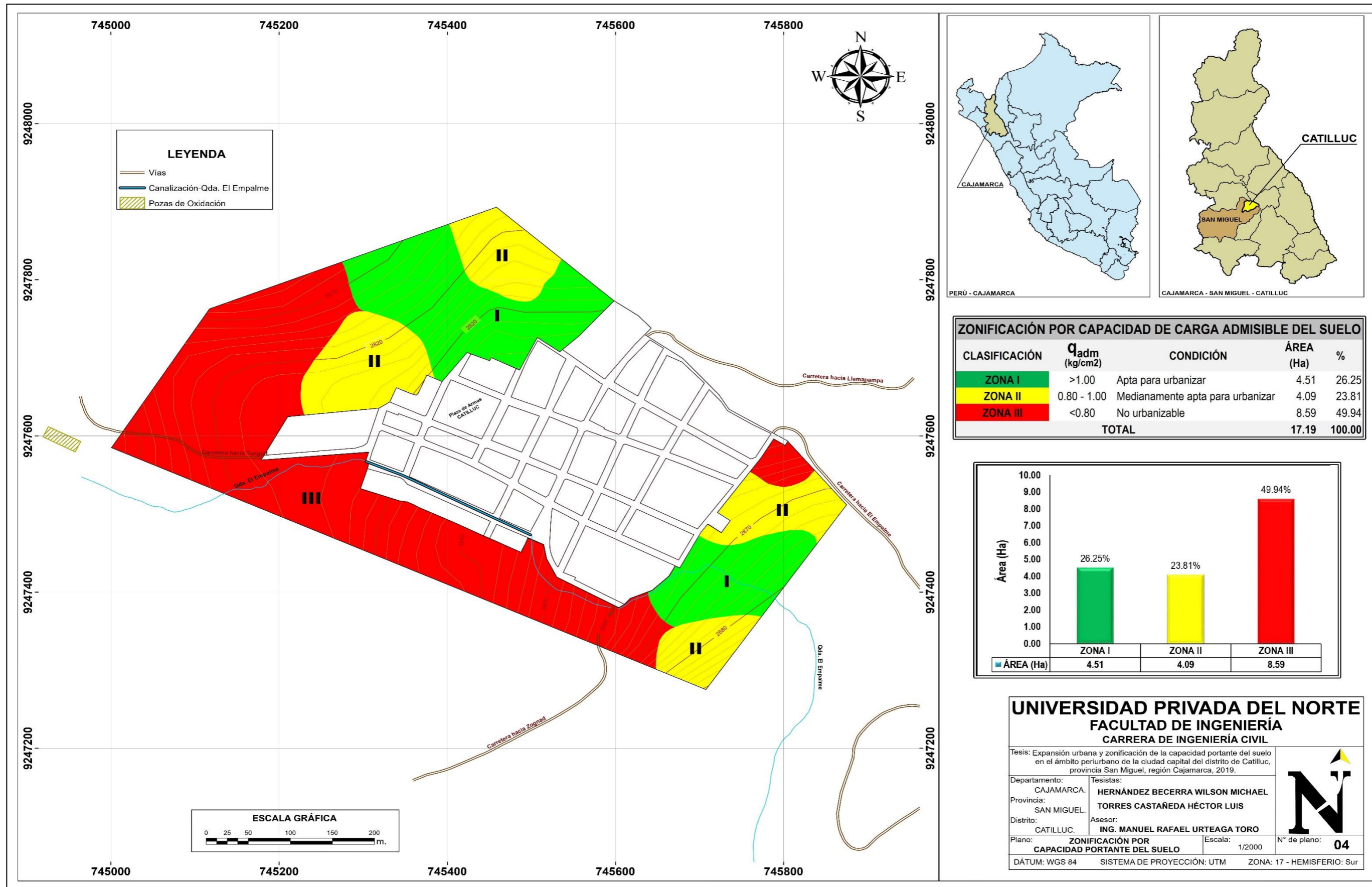
Tesis: Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.

Departamento: CAJAMARCA. Tesisistas: **HERNÁNDEZ BECERRA WILSON MICHAEL**
 Provincia: SAN MIGUEL. **TORRES CASTAÑEDA HÉCTOR LUIS**
 Distrito: CATILLUC. Asesor: **ING. MANUEL RAFAEL URTEAGA TORO**

Plano: **ZONIFICACIÓN POR TIPO DE SUELO** Escala: 1/2000 N° de plano: **03**

DÁTUM: WGS 84 SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM ZONA: 17 - HEMISFERIO: Sur

ANEXO N° 09. Plano de zonificación por capacidad de carga admisible del suelo



ANEXO N° 10. Panel fotográfico



Figura 1 Levantamiento topográfico en la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.



Figura 2 Levantamiento topográfico en la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019.



Figura 3 Excavación de la calicata C-11.



Figura 4 Toma de muestras de suelo de cada estrato identificado a profundidad en la calicata C-11.



Figura 5 Traslado de muestras de suelo a la ciudad de Cajamarca para su respectivo análisis en laboratorio.



Figura 6 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.



Figura 7 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.



Figura 8 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cjamarca..



Figura 9 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.



Figura 10 Estudio de mecánica de suelos, realizado junto a nuestro asesor designado para el curso de tesis (año 2019), Ing. Víctor Martín Vargas Salazar, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.



Figura 11 Ensayo de corte directo realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.



Figura 12 Ensayo de corte directo realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos “WFM”, ubicado en la Urb. De los Docentes UNC H-3 Cajamarca.