



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN
URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO**

AUTOR

JULIO CHRISTIAN CRUZ FERNANDEZ

ASESOR

MG. GLADYS ROJAS LEON

JURADO

DR. CESAR JORGE ARGUEDAS MADRID

DR. MIGUEL ALVA VELASQUEZ

MG. GUILLÉN LEÓN ROGELIA

MG. BENIGNO PAULO GOMEZ ESCRIBA

LIMA- PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al creador del universo, por darme las herramientas para alcanzar mis metas; a mis padres por ser mis compañeros de vida y la fuerza que necesito para impulsarme día a día, y a todas aquellas personas que se encuentran en esta misma etapa académica, pues sé, del esfuerzo y perseverancia que aplican todos los días para materializar el sueño de la titulación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Federico Villarreal por ser mi casa de estudios, a la Facultad de Ingeniería Geográfica Ambiental y Ecoturismo por la formación profesional de Ingeniero Geógrafo.

A mi asesora, Mg. Gladys Rojas León, por dirigirme y aconsejarme con sus amplios conocimientos y experiencia, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente tesis, por su amistad y consideración a mi persona.

A mis padres Julio e Yrene, por sus enseñanzas y consejos en todas las etapas de mi vida, por su siempre motivación en ser una persona realizada, porque con perseverancia, dedicación y constancia se pueden lograr objetivos planteados.

A ti, Lizeth Alvarez Ramirez, por tu apoyo incondicional y desinteresado en el transcurso de la investigación, por acompañarme en esta etapa y estar dispuesta por tener nuevas aventuras juntos.

A mis amigos en general, que estuvieron pendientes de este proceso, y decirles con mucho cariño que nunca desistan de sus metas y que el esfuerzo y sacrificio es la base de todo triunfo.

INDICE

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	2
1.1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.2.1. Problemas generales	3
1.1.2.2. Problemas específicos	4
1.2. Antecedentes	4
1.2.1. De Nivel Internacional	4
1.2.2. De Nivel Nacional	7
1.3. Objetivos de la investigación	9
1.3.1. Objetivos generales	9
1.3.2. Objetivos específicos	10
1.4. Justificación	10
1.5. Importancia	12
1.6. Hipótesis	13
1.6.1. Hipótesis general	13
1.6.2. Hipótesis específica	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Base Teórica	14
2.1.1. Ordenamiento territorial	14

2.1.2. Gestión territorial	16
2.1.3. Zonificación ecológica económica	18
2.1.4. Análisis Multicriterio	19
2.1.5. Método de Análisis Jerárquico - AHP	22
2.1.6. Suma Lineal Ponderada	29
2.1.7. Selección de factores y criterios	29
2.1.8. Ponderación de Factores	30
2.1.9. Método matemático de proyección (crecimiento poblacional y urbano)	30
2.2. Base Legal	32
2.3. Definición de términos básicos	33
III. MÉTODOS	39
3.1. Tipo de investigación	39
3.2. Nivel de investigación	39
3.3. Ámbito temporal y espacial	39
3.3.1. Temporalidad	39
3.3.2. Ámbito espacial	40
3.4. Variables	40
3.5. Población y Muestra	41
3.5.1. Población	41
3.5.2. Muestra	41
3.6. Materiales e instrumentos	41
3.6.1. Materiales	41
3.6.2. Instrumentos	43
3.7 Procedimiento Metodológico	44

IV. RESULTADOS	48
4.1. Descripción de área de estudio	48
4.1.1. Actividades económicas	52
4.1.2. Características Físicas	62
4.2. Desarrollo del Método Matemático Geométrica	70
4.2.1. Análisis Demográfico	70
4.2.1.1. Densidad Poblacional al año 2017	70
4.2.2. Proyección de la Población	73
4.2.3. Proyección del Área Urbana	76
4.3. Análisis Multicriterio Espacial de Factores en SIG	85
4.3.1. Análisis de Factores Físicos	86
4.3.2. Análisis de Factores de Peligrosidad del Territorio	116
4.3.3. Análisis de Factores de Infraestructura de Servicios	128
4.3.4. Análisis de Factores Limitantes	154
4.4. Procesamiento y aplicación Análisis Multicriterio para determinar zona aptas de expansión urbana	158
4.4.1. Niveles de Aptitud	162
4.4.2. Estratificación de los niveles de Aptitud	162
4.4.3. Resultados de los niveles de aptitud	163
V. DISCUSION DE RESULTADOS	167
VI. CONCLUSIONES	171
6.1 Conclusiones	171
VII. RECOMENDACIONES	173
7.1 Recomendaciones	173

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
IX. ANEXOS	177
9.1 Panel fotográfico	177
9.2 Planos de saneamiento y agua potable utilizados para la investigación.	194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación según tipo de variable y cantidad de objetivos	22
Tabla 2 La escala fundamental de números absolutos	23
Tabla 3 Matriz de comparación de pares	25
Tabla 4 Matriz de normalización de pares	25
Tabla 5 Vector suma ponderado y Valor suma-promedio	27
Tabla 6 Valores de consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz	28
Tabla 7 Límites de consistencia	28
Tabla 8 Identificación de Variables	40
Tabla 9 Insumos de Imágenes Satelitales	42
Tabla 10 Insumos Cartográficos	42
Tabla 11 Colindancias y extensión	48
Tabla 12 Provincia de Huaral: Superficie agrícola y no agrícola – 1994	54
Tabla 13 Provincia de Huaral: Superficie agrícola y no agrícola – 2012	54
Tabla 14 Provincia de Huaral: Producción pecuaria TM – 2008	55
Tabla 15 Provincia de Huaral: Producción Minera	57
Tabla 16 Provincia de Huaral: Desembarco de recursos Hidrobiológicos marítimos por tipo de utilización – TM	58
Tabla 17 Provincia de Huaral: Producción de Harina y aceite crudo de pescado	59
Tabla 18 Provincia de Huaral: Producción de enlatado de recursos hidrobiológicos	59
Tabla 19 Provincia de Huaral: Actividad Industrial	59
Tabla 20 Provincia de Huaral: Establecimientos comerciales de bienes y servicios – 2009	60
Tabla 21 Provincia de Huaral: Sitios Arqueológicos	61
Tabla 22 Microcuencas, ríos, quebradas y lagunas en la cuenca del rio Chancay	62

Tabla 23 Geología y Litología en la cuenca del río Chancay - Huaral	67
Tabla 24 Densidad poblacional 2017	71
Tabla 25 Evolución y proyección poblacional 1993-2027	75
Tabla 26 Datos de área urbana y agrícola del área de estudio	80
Tabla 27 Comportamiento y proyección del área urbana 2009-2027	82
Tabla 28 Tipo de suelos	87
Tabla 29 Matriz de comparación de pares de la variable Suelos	88
Tabla 30 Matriz de normalización de pares de la variable Suelos	88
Tabla 31 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable suelos	88
Tabla 32 Descripción de la variable capacidad de uso mayor (CUM)	91
Tabla 33 Matriz de comparación de pares de la variable CUM	91
Tabla 34 Matriz de normalización de pares de la variable CUM	92
Tabla 35 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable CUM	92
Tabla 36 Clasificación de pendientes	95
Tabla 37 Matriz de comparación de pares de la variable pendiente	96
Tabla 38 Matriz de normalización de pares de la variable pendiente	96
Tabla 39 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable pendiente	96
Tabla 40 Descripción de la geotecnia	99
Tabla 41 Matriz de comparación de pares de la variable geotecnia	100
Tabla 42 Matriz de normalización de pares de la variable geotecnia	101
Tabla 43 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable geotecnia	101
Tabla 44 Unidades geológicas	104
Tabla 45 Matriz de comparación de pares de la variable geología	104
Tabla 46 Matriz de normalización de pares de la variable geología	105
Tabla 47 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable geología	105

Tabla 48 Unidades geomorfológicas	107
Tabla 49 Matriz de comparación de pares de la variable geomorfología	108
Tabla 50 Matriz de normalización de pares de la variable geomorfología	109
Tabla 51 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de la variable geomorfología	109
Tabla 52 Matriz de comparación de pares de los factores físicos	113
Tabla 53 Matriz de normalización de pares de los factores físicos	113
Tabla 54 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores físicos	114
Tabla 55 Niveles de Factores físicos	114
Tabla 56 Niveles de peligro por inundación	117
Tabla 57 Matriz de comparación de pares de la variable peligro por inundación	118
Tabla 58 Matriz de normalización de pares de la variable peligro por inundación	118
Tabla 59 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el factor peligro por inundación	118
Tabla 60 Distancia a fallas geológicas	121
Tabla 61 Matriz de comparación de pares de la variable distancia a falla geológica	121
Tabla 62 Matriz de normalización de pares de la variable distancia a falla geológica	122
Tabla 63 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable distancia a falla geológica	122
Tabla 64 Niveles de Factor de peligrosidad	125
Tabla 65 Distancia a red de abastecimiento de agua	129
Tabla 66 Matriz de comparación de pares para distancia a red de agua potable	130
Tabla 67 Matriz de normalización de pares para agua potable	131
Tabla 68 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para agua potable	131
Tabla 69 Distancia a red de desagüe	134
Tabla 70 Matriz de comparación de pares para distancia a la red de desagüe	135

Tabla 71 Matriz de normalización de pares para red de desagüe	135
Tabla 72 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para red de desagüe	135
Tabla 73 Tipos de Vía	138
Tabla 74 Distancia a vías	138
Tabla 75 Matriz de comparación de pares para tipo de vía	139
Tabla 76 Matriz de normalización de pares para tipo de vía	139
Tabla 77 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para tipo de vía	140
Tabla 78 Matriz de comparación de pares para distancia a vía	140
Tabla 79 Matriz de normalización de pares para distancia a vía	141
Tabla 80 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para distancia a Vía	141
Tabla 81 Distancia a Línea de Distribución	145
Tabla 82 Matriz de comparación de pares Distancia a la Línea de transmisión	145
Tabla 83 Matriz de normalización de pares Distancia a la Línea de transmisión	146
Tabla 84 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para distancia a Línea de transmisión	146
Tabla 85 Matriz de comparación de pares de los factores de infraestructura urbana	151
Tabla 86 Matriz de normalización de pares de los factores de infraestructura urbana	151
Tabla 87 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores de infraestructura urbana	152
Tabla 88 Niveles de Infraestructura de servicios	152
Tabla 89 Matriz de comparación de factores de zonas óptimas	160
Tabla 90 Matriz de normalización de pares de los factores de zonas óptimas	161
Tabla 91 Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores de infraestructura urbana	161
Tabla 92 Calculo de valores de zonas óptimas	161

Tabla 93 Niveles de Aptitud para expansión urbana	162
Tabla 94 Estratificación de los niveles de Aptitud para expansión urbana	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas del proceso de ordenamiento territorial	16
Figura 2 Relación entre el Ordenamiento Territorial y gestión del territorio	17
Figura 3 Modelo de la toma de decisión	20
Figura 4 Flujo Metodológico del estudio	47
Figura 5 Gráfico de producción Pecuaria de Huaral 2006	53
Figura 6 Gráfico de producción Pecuaria de Huaral 2008	53
Figura 7 Clasificación climática - método de Werren Thornthwaite	65
Figura 8 Grafico de Evolución y proyección poblacional 1993 - 2027	75
Figura 9 Antes (derecha) y después (izquierda) de la calibración radiométrica y corrección atmosférica de la imagen satelital Landsat 5	77
Figura 10 Antes (izquierda) y después (derecha) de la calibración radiométrica y corrección atmosférica de la imagen satelital Landsat 8	77
Figura 11 Vegetación con la banda del infrarrojo cercano de la imagen Landsat 5	78
Figura 12 Vegetación con la banda del infrarrojo cercano de la imagen Landsat 8	78
Figura 13 Digitalización del área agrícola (color rojo) y urbana (color azul) de la imagen satelital Landsat 5	79
Figura 14 Digitalización del área agrícola (color rojo) y urbana (color azul) de la imagen satelital Landsat 8	79
Figura 15 Grafico de Comportamiento y proyección del área urbana 2009 - 2007	82
Figura 16 Modelo conceptual del cálculo de los niveles de aptitud	85
Figura 17 Modelo conceptual de la variable Suelos	87

Figura 18 Modelo conceptual de la variable Capacidad de Uso Mayor de Suelos	90
Figura 19 Modelo conceptual de la variable Geomorfología	95
Figura 20 Modelo conceptual de la variable Geotecnia	99
Figura 21 Modelo conceptual de la variable Geología.	103
Figura 22 Modelo conceptual de la variable Geomorfología	107
Figura 23 Modelo conceptual del proceso del factor físico	112
Figura 24 Modelo conceptual de la variable de peligro por inundación	117
Figura 25 Modelo conceptual de la variable Fallas Geológicas	120
Figura 26 Modelo conceptual del proceso del factor de peligrosidad	126
Figura 27 Modelo conceptual de la variable red de abastecimiento de agua potable	129
Figura 28 Modelo conceptual de la variable red de desagüe	134
Figura 29 Modelo conceptual de la variable vía y accesibilidad	138
Figura 30 Modelo conceptual de la variable distancia a línea de transmisión	144
Figura 31 Modelo conceptual del proceso para la variable vías y accesibilidad	148
Figura 32 Modelo conceptual del proceso de Infraestructura de Servicios	150
Figura 33 Modelo conceptual del proceso de Zonas Optimas para expansión urbana	159

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Ubicación del área de estudio	49
Mapa 2 Densidad poblacional	72
Mapa 3 Expansión urbana 2009 - 2019	84
Mapa 4 Suelos	89
Mapa 5 Capacidad de uso mayor	93
Mapa 6 Pendientes	97
Mapa 7 Geotecnia	102

Mapa 8 Geología	106
Mapa 9 Geomorfología	110
Mapa 10 Niveles de factores físicos del terreno	115
Mapa 11 Peligro por inundación	119
Mapa 12 Distancias a fallas geológicas	123
Mapa 13 Niveles de factor de peligrosidad	127
Mapa 14 Distancia a la red de abastecimiento de agua	132
Mapa 15 Distancia a la red de desagüe	136
Mapa 16 Tipo de vía	142
Mapa 17 Distancia a vía	143
Mapa 18 Distancia a la línea de transmisión	147
Mapa 19 Niveles de infraestructura de servicios	153
Mapa 20 Factores limitantes	157
Mapa 21 Zonas óptimas	166

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación es aplicar el análisis multicriterio empleando sistemas de información geográfica, permite identificar zonas de expansión urbana, y de esta manera obtener una herramienta útil para la planificación territorial.

El área de estudio donde se realizó la investigación fue la cuenca baja del río Chancay – Huaral, específicamente en los distritos de Aucallama, Chancay y Huaral, las mismas sobre las cuales se observó potenciales áreas de expansión urbana, además que, presenta cascos urbanos consolidados, los cuales son materia de análisis que van con los objetivos del estudio, respecto si están correctamente asentados sobre zonas óptimas de expansión urbana.

La metodología que se aplicó fue el Método de Análisis Jerárquico – AHP, es cual fue postulado en década de los 60's por el Doctor en matemáticas Thomas Saaty. Este método es una herramienta de toma de decisiones que se aplica donde combina el análisis cualitativo y cuantitativo en muchas disciplinas, y requiere el análisis subjetivo sobre la importancia de cada una de las variables, que se utilizan en una investigación; mediante la comparación de estos para llegar finalmente a la ponderación y obtener como resultado final una jerarquización de variables.

Las variables que se utilizaron para la lograr el objetivo principal del estudio se encuentran dentro de los factores físicos, de peligrosidad, infraestructura de servicios y limitantes, los cuales fueron analizados y ponderados. También se analizó el comportamiento de expansión urbana y crecimiento poblacional, pues respecto a estos resultados se pudo aplicar criterios sobre los resultados finales del estudio.

Finalmente se llegó a la conclusión de que los distritos de Huaral y Chancay presentan áreas extensas de expansión urbana OPTIMAS, cerca de sus cascos urbanos consolidados, mientras que para el distrito de Aucallama, solo se obtuvieron áreas con APTITUD MEDIA.

Palabras claves: Expansión Urbana, Planificación Territorial, Sistemas de Información Geográfica, Proceso de Análisis Jerárquico, Método de Análisis Multicriterio.

ABSTRACT

The main objective of this research is to apply multicriteria analysis using geographic information systems, to identify areas of urban expansion, and thus obtain a useful tool for territorial planning.

The study area where the research was conducted was the lower basin of the river Chancay - Huaral, specifically in the districts of Aucallama, Chancay and Huaral, the same ones on which potential areas of urban expansion were observed, in addition, it presents consolidated urban centers; which are subject of analysis that go with the objectives of the study, with respect to if they are correctly settled on optimal zones of urban expansion.

The methodology that was applied was the Hierarchical Analysis Method - AHP, which was postulated in the decade of the 60's by the Mathematics Doctor Thomas Satty. This method is a decision-making tool that is applied to combine qualitative and quantitative analysis in many disciplines, and requires a subjective analysis of the importance of each of the variables used in an investigation; by comparing these to finally arrive at the weighting and obtain as a final result a hierarchy of variables.

The variables that were used to achieve the main objective of the study are within the physical factors, limitations and infrastructure of services, which were analyzed and weighted. The behavior of urban expansion and population growth was also analyzed, since with respect to these results it was possible to apply criteria on the final results of the study.

Finally, it was concluded that the districts of Huaral and Chancay have extensive areas of OPTIMAL urban expansion, close to their consolidated urban centers, while for the Aucallama district, only RECOMMENDED areas were obtained.

***Key words:** Urban Expansion, Territorial Planning, Geographic Information Systems, Hierarchical Analysis Process, Multicriteria Analysis Method.*

I. INTRODUCCIÓN

La falta de leyes y normativas sobre ordenamiento territorial en el Perú ha hecho que en los últimos años se haga más notorio el incorrecto proceso de expansión urbana en las costas del Perú. Y a esto se suma que actualmente la población carece de conocimientos sobre temas de planificación y gestión territorial.

Estos problemas traen consigo que no se realice un adecuado manejo de los recursos naturales y, por lo tanto, influya directamente en el ámbito social, económico y ambiental del estado. El presente trabajo postula, mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica y el análisis multicriterio, como se pueden encontrar áreas óptimas para emplazamiento urbano, respetando su uso.

En la cuenca baja del río Chancay - Huaral, que abarca los distritos de Aucallama, Chancay y Huaral, se observa que en los últimos años ha habido un incremento poblacional y esto ha traído consigo un aumento en el casco urbano y un retroceso en el área destinada a uso agrícola.

El estudio también contempla el análisis sobre los asentamientos urbanos actuales, en función a si es correcto el proceso de expansión urbano que se ha venido dando en esos distritos, tomando en cuenta a los servicios básicos de primera necesidad (Luz, Agua y Desagüe), y en base a estos resultados se puedan desarrollar herramientas sobre la gestión del territorio en Huaral e impulsar el desarrollo económico respecto a la actividad inmobiliaria.

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

El desordenado proceso de expansión urbana, que se viene dando en el Lima y sus provincias por la necesidad de tierras para nuevos asentamientos humanos, es uno de los principales problemas de la planificación territorial. El incremento de la población y la migración, para buscar mejores oportunidades, se han convertido en los principales indicadores que agravan este proceso, tal como explica el INEI (1995):

Los cambios en la composición de la población peruana entre 1940 y 1993, son significativos. De una población mayoritariamente rural en 1940 (65%) pasa a una población predominantemente urbana en 1972 (60%), aumentando su participación en 1993 a 70%. La población urbana ha crecido mucho más rápidamente que la rural. (Párrafo 8)

Evidenciando la tendencia migratoria y demanda actual de la población, que carece de conocimientos sobre temas de planificación y gestión territorial, la cual hace que se utilicen de manera incorrecta territorios que no deberían ser destinados al uso urbano, ya sean por sus características físicas o económicas.

Actualmente en la provincia de Huaral, existen diversas actividades económicas y características del territorio, que vendrían a ser parte de un limitante para la expansión urbana, sin embargo, en los últimos años, el incremento de la población ha ido desencadenando un aumento sustancial en su casco urbano, además de observarse un aumento en la actividad

inmobiliaria, en el que diversas áreas que fueron utilizadas para la actividad agropecuaria, actualmente son parte de proyectos habitacionales.

La falta de un análisis multicriterio, aplicando sistemas información geográfica, desarrollada para la ayuda en la planificación urbana no brindó opciones de selección a los tomadores de decisiones que consideren aspectos físicos, sociales y económicos por lo que la problemática actual es determinar zonas de expansión urbana en la cuenca baja, debido a que cuenta con áreas que sufren de inundación, erosión de suelos entre otros. Sin embargo, la parte física no es el único problema, sino que la infraestructura de servicios básicos, como la luz eléctrica, agua potable y desagüe, son requisitos mínimos indispensables en un proceso de expansión urbana, pues la carencia de estos no iría de la mano con el desarrollo sostenible en base a la sociedad, economía y medio ambiente.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo el Análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica sobre el territorio de la cuenca baja del río Chancay – Huaral, permite identificar las zonas de expansión urbana?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible realizar el análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica, considerando los criterios y factores que permitan identificar zonas para la expansión urbana en la cuenca baja del Rio Chancay – Huaral?
- ¿Es posible determinar las zonas óptimas de expansión urbana en la cuenca baja del rio Chancay - Huaral a partir del análisis y comparación de las alternativas obtenidas mediante el análisis multicriterio en sistemas de información geográfica?
- ¿Es posible identificar áreas urbanas asentadas sobre zonas no recomendables para la expansión urbana, en la cuenca baja del Rio Chancay Huaral?

1.2. Antecedentes

1.2.1 De Nivel Internacional

Simulación de crecimiento urbano mediante Evaluación Multicriterio y Tecnologías de la Información Geográfica en el Gran San Miguel de Tucuman – Argentina (2010).-

Elaborado por Gutiérrez Angonese, Jorgelina; Montserrat Gómez Delgado y Joaquín Bosque Sendra bajo el marco del proyecto “Efectos de la dinámica urbana sobre la estructura de la vegetación y la temperatura de superficie del Gran San Miguel de Tucumán” de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (PCI-Iberoamérica).

El estudio realizó una evaluación multicriterio, aplicando el método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y Sumatoria Lineal Ponderada en SIG para obtener mapas de aptitud para uso urbano, donde plantearon escenarios alternativos de expansión urbana bajo criterios ambientales, económicos y de compromiso los cuales fueron comparados con el crecimiento real experimentado en el período en estudio que fue del 2001 al 2009.

Los escenarios planteados presentaron valores de adecuación media, mayores que los observados en el crecimiento real y donde este último ocurrió en áreas de baja aptitud para los factores ambientales y en general, las áreas deseables para uso urbano según los diferentes escenarios planteados se localizaron al este de la zona de estudio.

Dentro de sus conclusiones precisa que la expansión real se produjo siguiendo un patrón agregado, localizando las nuevas urbanizaciones en sus inmediaciones, de forma casi espontánea, guiada por decisiones personales, institucionales y del mercado inmobiliario, sin la presencia de una planificación urbana integral.

El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras – Caso Brasil (2000). - Estudio realizado por Ruth Maritza Mogollón, bajo el marco del proyecto FAO “Información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible”, cuyo objetivo principal fue establecer un sistema de información de tierras y aguas con apoyo del SIG (Sistemas de Información Geográfica) y de otras herramientas de análisis para proveer más y mejor información.

El trabajo tuvo como objetivo general dar orientación sobre el método AHP y además divulgar la experiencia lograda en la aplicación del mismo, como una de las herramientas del “Sistema

de Información de Recursos de Tierras para la Planificación”, a fin de priorizar escenarios de los usos de las tierras, con participación de múltiples actores en la toma de decisiones en la cuenca Arroio do Tire, Municipio de Concordia en Brasil.

Dentro de sus conclusiones destaca la simplicidad y flexibilidad del AHP para llevar a cabo un adecuado proceso de decisión con información relevante y actores con amplio conocimiento, experiencia, opiniones y preferencias que se hayan involucrado en el desarrollo.

Desarrollo de un modelo basado en Análisis espacial multicriterio para la determinación de unidades de ordenamiento forestal. Caso Departamento del Casanare- Colombia (2011).- Tesis elaborada por el Ing. Carlos Andrés Franco Prieto de la Universidad Nacional de Colombia, donde los objetivos fueron seleccionar los criterios e indicadores para la determinación de las unidades de ordenamiento Forestal para luego desarrollar un modelo espacial que integre los criterios e indicadores basado en el análisis multicriterio, método AHP, para definir las unidades buscadas para finalmente validar el desempeño del modelo mediante una aplicación a una zona específica.

Dentro de sus conclusiones resalta que los criterios adoptados en el modelo desarrollado corresponden al territorio manejado y a unas ponderaciones de actores con experiencia, por lo cual su definición y pesos no serán válidos para otras zonas. Por lo que se infiere que cada territorio es tratado de manera diferente. Finalmente recalca que se debe contar con la mayor calidad de información espacial posible ya que está ligada al nivel precisión de los resultados.

1.2.2 De Nivel Nacional

Proyecto de Capacidades en la Elaboración de Planes de Gestión Territorial y Medio Ambiente (2010). - Fue elaborado por la Municipalidad de Provincial de Huaral, en convenio con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El cual contempla en sus objetivos principales “Orientar el proceso de ocupación y transformación del territorio mediante la distribución y localización ordenada de las actividades y usos del espacio”, utilizando un enfoque prospectivo.

Para la elaboración de este estudio se aplicó la metodología llamada “Planificación Estratégica Participativa”, que comprende 4 fases:

- Preparatoria, de recopilación y sistematización de la información, reconocimiento del territorio.
- Diagnóstico, Análisis y Síntesis Territorial.
- Elaboración y formulación de las propuestas de condicionamiento territorial de la provincia.
- Gestión e Implementación.

En base a estos resultados la metodología busca promover la aplicación de actividades y/o propuestas, en base a la expansión urbana, para la promoción del desarrollo económico y garantizar el desarrollo sostenible.

Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con Fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio (2009). - Tesis

elaborada por Rubén Armando Daga López de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Elaborada para el caso de la cuenca baja del Río Lurín, y que tiene como principal objetivo, determinar áreas con aptitud para la expansión urbana utilizando el Análisis Espacial Multicriterio.

Para llegar al resultado final del estudio, que es el de definir áreas aptas para la expansión urbana, se realizó mediante el análisis del comportamiento de la expansión urbana, proceso de comportamiento de ocupación urbana y la definición de áreas agrícolas para intentar evitar su pérdida debido al creciente proceso de expansión urbana que se dio dentro de ellas y que se observó gracias a un análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Estudio: Mapa de Peligros de la Ciudad de Chancay – INDECI – PNUD PER/02/051 - Ciudades Sostenibles (2007). - Proyecto desarrollado por el INDECI con apoyo del PNUD y en convenio con la Municipalidad distrital de Chancay cuyo fin es la elaboración de “Mapas de Peligros” que está orientado a identificar, evaluar y calificar los peligros naturales y tecnológicos que incidan en la población. Dentro de los principales alcances del estudio los fueron:

- Conocimiento de las condiciones naturales de la cuenca del río Chancay -Huaral, con la identificación de los peligros naturales, llámese deslizamientos, derrumbes, inundaciones y cualquier remoción de masas de material, que por su evolución podrían llegar a afectar a la ciudad.
- Conocimiento de las condiciones naturales del ámbito territorial del área urbana y su entorno inmediato, con la identificación de los peligros naturales a que está sometida.

La demarcación grafica del Mapa de Peligros Naturales fue elaborada mediante una aproximación de los diferentes peligros localizados en el área de estudio. Dando como resultado áreas con diferentes niveles de peligro que van desde bajo hasta muy alto.

Informe de evaluación de riesgo por intensas precipitaciones pluviales en el área urbana del distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima (2017).- Elaborado por el Centro de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) cuyo objetivo fue determinar los niveles de riesgo por lluvias intensas en el centro poblado de Huaral en donde para llegar a su resultado de aplico el “Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales”, 2da Versión, el cual se basa en el análisis multicriterio, Proceso de análisis jerárquico de Tomas Satty mismo que se utiliza en la presente tesis y que sirve como base para el desarrollo de los objetivos planteados.

Como resultado se obtuvo un mapa de riesgos de Huaral, donde se identifican áreas de riesgo con niveles alto, medio y bajo dentro del área urbana de la ciudad probando así la efectividad de la metodología para identificar áreas del territorio con determinadas características y aptitudes.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Aplicar el análisis multicriterio empleando sistemas de información geográfica sobre el territorio de la cuenca baja del río Chancay – Huaral, para identificar las zonas de expansión urbana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica, considerando los criterios y factores que permitan identificar zonas para la expansión urbana.
- Determinar las zonas óptimas de expansión urbana en la cuenca baja del río Chancay - Huaral a partir del análisis y comparación de las alternativas obtenidas mediante el análisis multicriterio en sistemas de información geográfica.
- Identificar las áreas urbanas asentadas sobre zonas no recomendables para la expansión urbana, en la cuenca baja del Río Chancay Huaral.

1.4. Justificación

A través del tiempo diversas ciudades del Perú se expandieron sin un criterio de sostenibilidad y aprovechando mal la distribución del territorio, de estos casos muchos apoyados por una política irresponsable y corrupta de gobernantes de turno para satisfacer a los migrantes de manera populista y entregando tierras sin opinión de instituciones técnicas.

Los asentamientos humanos llamados en su época barriadas se organizaban en los clubes provinciales adonde acudían los recientes migrantes a la capital. Estas instituciones eran recorridas por lobistas profesionales, denominados “traficantes de terreno”, quienes eran operadores del proceso de urbanización barrial. Ellos disponían de contactos con todos los agentes del proceso, empezando por reunir a gente con necesidad de vivienda y sin

dinero para acceder al mercado formal... en ocasiones la gente lograba conservar el terreno y en ese momento el traficante sabía que había ganado, luego sus contactos en los ministerios y otras dependencias oficiales le servían para propiciar un acuerdo entre las partes. (Zapata, 2013, p.110).

La provincia de Huaral sufre los últimos años de un crecimiento de su población urbana, según el INEI la tasa de crecimiento intercensal 1993-2007 fue de 2.2% anual; 3.7% de crecimiento urbano y -1.1% de crecimiento rural.

La cuenca baja del Rio Chancay- Huaral, conformado principalmente de los distritos de Huaral (Capital de la provincia de Huaral), Chancay y Aucallama, es donde se concentra el mayor crecimiento poblacional. Además de este crecimiento vegetativo existen otros factores que influyen en el crecimiento de la población predominantemente urbana como el desarrollo de actividades comerciales y de servicios así como la ampliación de vías y carreteras que permiten a la población desempeñar actividades económicas; bajo estas condiciones se hace necesario atender la demanda de tierras para nuevos emplazamientos urbanos con un enfoque sostenible, por lo que realizar la evaluación e identificación de zonas con potencial urbano generara alternativas a mediano y largo plazo. En la presente investigación se pretende abordar la problemática, aportando un modelo de evaluación , apoyado en la aplicación de la metodología del Análisis Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica, esto permitirá una planeación de manera integral que contempla determinantes importantes y necesarias para el desarrollo de la vida urbana y su relación con el medio natural, ya que sus condicionantes lo harán adecuado para prevenir la creación de emplazamientos urbanos en condiciones urbanísticas precarias. Un manejo inadecuado de la ocupación de territorio, como se mencionó anteriormente, significaría una posible serie de conflictos que estarían directamente asociadas al ámbito social, económico

y ambiental, dando como ejemplo la generación de sobrecostos para adecuación estos espacios, dificultando calidades urbanísticas óptimas. Por otro lado, el uso adecuado del suelo para expansión urbana, como parte fundamental de planificación, da paso a que se dé un desarrollo económico, ambiental y social donde cada uno de estos tenga incidencia en el otro dando paso a un crecimiento organizado y racional para llegar a un fin, mejorar la calidad de vida para la sociedad.

1.5. Importancia

La investigación podrá ser utilizada como una herramienta técnica de apoyo comprobable y complementaria para la toma de decisiones en la gestión del territorio por los gobiernos locales o regionales ya que su importancia radica en lograr la máxima eficiencia espacial en el proceso de expansión urbana puesto que las zonas identificadas como óptimas garantizaran calidad de vida y bienestar a la población, en tanto se constituye a su vez en la base del desarrollo económico y productivo de la zona de estudio. Por otro lado, las zonas identificadas como no aptas o muy poco recomendables para el uso urbano ya ocupadas por la población, podrán ser incluidas en el desarrollo de políticas de fortalecimiento de prevención y gestión de riesgos, así como accesibilidad, servicios y equipamiento urbano.

Adicionalmente, enfatizando el crecimiento económico del área de estudio, el desarrollo de proyectos inmobiliarios se hace cada vez más presente en la zona ya que la oferta de espacios para diferentes usos urbanos aumento considerablemente, los resultados de la presente investigación, como un nivel de alcance más, se tomaría como referencia por las empresas inmobiliarias con el fin de diseñar y ofrecer proyectos más competitivos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Mediante la aplicación del análisis multicriterio empleando sistemas de información geográfica sobre el territorio de la cuenca baja del río Chancay – Huaral, se identifica las zonas de expansión urbana.

1.6.2. Hipótesis específica

- Se realizó el análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica, considerando los criterios y factores que permitan identificar zonas para la expansión urbana.
- Se determinó las zonas óptimas de expansión urbana en la cuenca baja del río Chancay - Huaral a partir del análisis y comparación de las alternativas obtenidas mediante el análisis multicriterio en sistemas de información geográfica.
- Es posible identificar áreas urbanas asentadas sobre zonas no recomendables para la expansión urbana, en la cuenca baja del Río Chancay Huaral.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Base Teórica

2.1.1. Ordenamiento territorial

El ordenamiento territorial es principalmente un articulador de instrumentos, que ayudaran a la optimización de los espacios y recursos, que lleven a un fin colectivo, que es la sostenibilidad de ecosistemas, para alcanzar el desarrollo sostenible, tal como se explica en el capítulo 4.1 del Instrumento Técnico Normativos del Ordenamiento Territorial del MINAM (2016), en donde explica que:

“El proceso de ordenamiento territorial tiene una visión integral y se desarrolla sobre la base de un enfoque de sostenibilidad y aprovechamiento responsable de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de los procesos ecológicos que lo sustentan, contribuyendo a promover el desarrollo seguro del territorio” (p.7)

De donde podemos deducir que es la política de estado más importante, pues de acuerdo a ella se pueden planificar estrategias y planes, para la aplicación de otras políticas, ya que es la base sobre la que se administra de manera sostenible y aprovechable todos los recursos del estado desde una visión territorial.

De acuerdo a la R.M. N° 026 – 2010 – MINAM en su anexo de Lineamiento de Política para el Ordenamiento Territorial, define al ordenamiento territorial como:

“Un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potencialidades y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos.”

De acuerdo al capítulo seis del Instrumento Técnico Normativos del Ordenamiento Territorial del MINAM (2016), existen una serie de etapas del proceso de ordenamiento territorial, que deben aplicar e implementar los gobiernos regionales y locales, de acuerdo a la normativa vigente. Estas etapas son:

- Preparación: En esta etapa se definen los objetivos y estrategias a seguir en el proceso de ordenamiento territorial, promoviendo si articulación y vinculación con el desarrollo del ámbito geográfico en estudio para lo cual se involucra y prepara a los diferentes actores y los participantes que harán parte del proceso.
- Diagnóstico: Comprende la recopilación y análisis de toda la información relevante para la toma de decisiones, según los objetivos y el enfoque establecidos.
- Formulación y aprobación del plan: Comprende la elaboración del POT, para lo cual se deberá definir la visión de desarrollo, las políticas y estrategias -objetivos, programas, proyectos y acciones- a considerar para alcanzar en función a las normas establecidas el ordenamiento territorial.

- Implementación del POT: Corresponde la ejecución de actividades identificadas en el POT (programas, proyectos y acciones).
- Monitoreo: Incluye el seguimiento a la aplicación del POT, evaluando aspectos como cambios y efectos en el territorio, así como repuestas o actuaciones que se concretan en el marco del proceso ordenador.

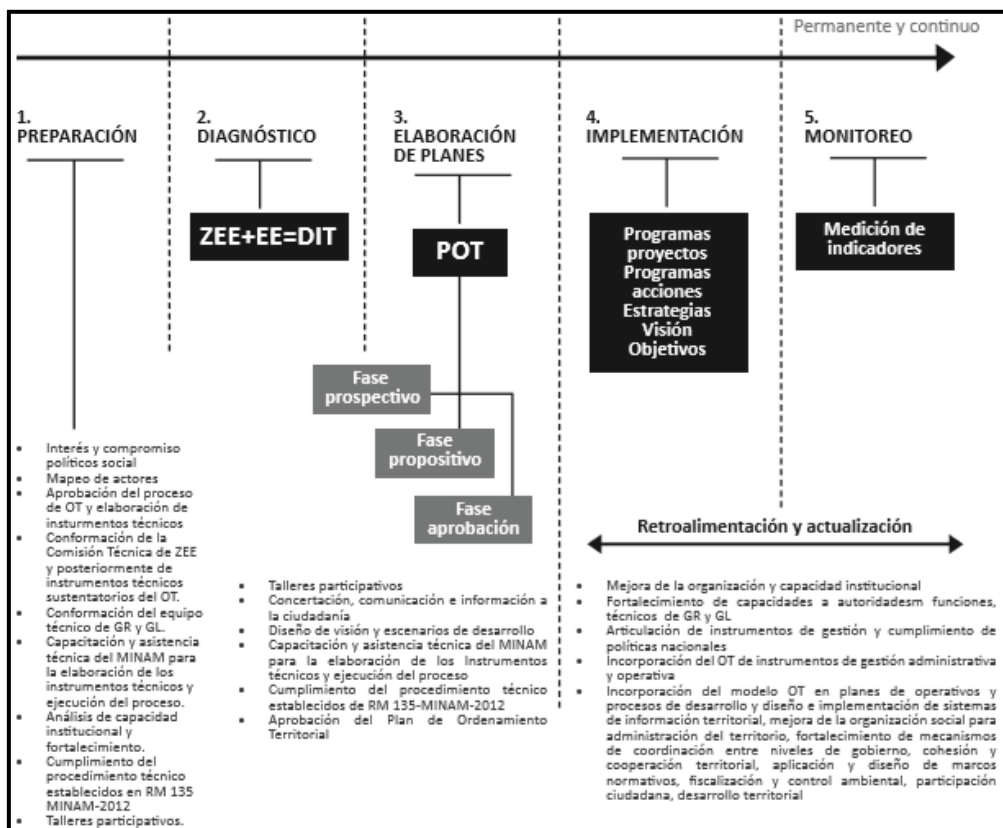


Figura 1. Etapas del proceso de ordenamiento territorial (Fuente: MINAM)

2.1.2. Gestión territorial

Es el componente regulador de todo el proceso territorial, pues no solamente abarca las políticas, sino que también es un articulador de todos los procesos, planes y estrategias, el cual integra todos los elementos físicos, sociales, ambientales, económicos del territorio. La gestión

del territorio es articulación de todos los procesos del estado, por lo tanto, el ordenamiento Territorial, de acuerdo a Neyra (2015) en Orientaciones básicas sobre el Ordenamiento Territorial en el Perú del MINAM:

“El Ordenamiento Territorial forma parte de la gestión territorial junto a otros procesos que tienen un componente territorial y su propio marco conceptual y normativo, como la demarcación territorial, el desarrollo urbano, el catastro predial y las concesiones, entre otros, en un marco de gobernabilidad y de visión de desarrollo.” (p. 9).

Por lo que define a la Gestión del Territorio como, “el proceso de articulación de políticas nacionales, bajo un enfoque territorial, con la finalidad de garantizar el desarrollo integral de la persona humana, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, culturales y ambientales.” (p. 9). Pero debemos de tomar en cuenta que al ser un articulador, también es gestor de otras políticas de estado, pues tiene una visión de desarrollo sostenible.



Figura 2. Relación entre el Ordenamiento Territorial y gestión del territorio (Fuente: Neyra Palomino - MINAM)

2.1.3. Zonificación ecológica económica

Es un proceso que comprende un enfoque integral, sistémico, flexible, participativo y descentralizado, que tiene como finalidad, la identificación de áreas óptimas, mediante el traslape de capas, y que sirve para la elaboración de planes y proyectos de desarrollo sostenible. En el Perú la Zonificación Ecológica Económica se rige al Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, en donde se especifica al CONAM (ahora MINAM), como el órgano que dirige el proceso de Zonificación Ecológica Económica del país.

De acuerdo al Artículo 1° del Decreto Supremo N° 087-2004-PCM se define a Zonificación Ecológica Económica como:

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

La metodología y proceso de la ZEE se encuentra estipulada y reglamentada por el MINAN (ex CONAM), en donde se explica que todas las etapas del proceso deben incluirse con instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil.

En el Artículo 18° del D.S. N° 087-2004-PCM, se definen cuáles son las etapas del procedimiento para elaborar la ZEE, comprendiendo por:

- a) Etapa inicial.
- b) Etapa de proceso de formulación de la ZEE.
- c) Etapa de aprobación.
- d) Etapa de aplicación.
- e) Etapa de monitoreo, evaluación y actualización.

De acuerdo al Decreto del Consejo Directivo N° 010-2006-CONAM-CD, que aprueba la Metodología para la Zonificación Ecológica y económica, comprende:

- a) Fase preliminar
- b) Fase de Recopilación, Sistematización y Generación de Información Temática
- c) Fase de Análisis
- d) Fase de Evaluación
- e) Fase de Validación

Bajo este contexto se puede resaltar, la importancia de la ZEE como instrumento fundamental para el desarrollo sostenible, ya que ayuda a definir cuáles serían las actividades más apropiadas, de acuerdo a los resultados del proceso a nivel macro, meso y micro.

2.1.4. Análisis multicriterio

Es una herramienta esencial para la toma de decisiones, pues facilita las decisiones y respecto a ello, dar soluciones que mejor se ajusten al tipo de problema. Sirve como un método de intercambio de ideas que pueden ser distintas, pero que son integradas dentro del análisis multicriterio, “que se apoya en una metodología para la optimización, evaluación racional y

consistencia, de los elementos evaluados al tomar las decisiones.” (Grajales, Serrano y Hahn, 2013).

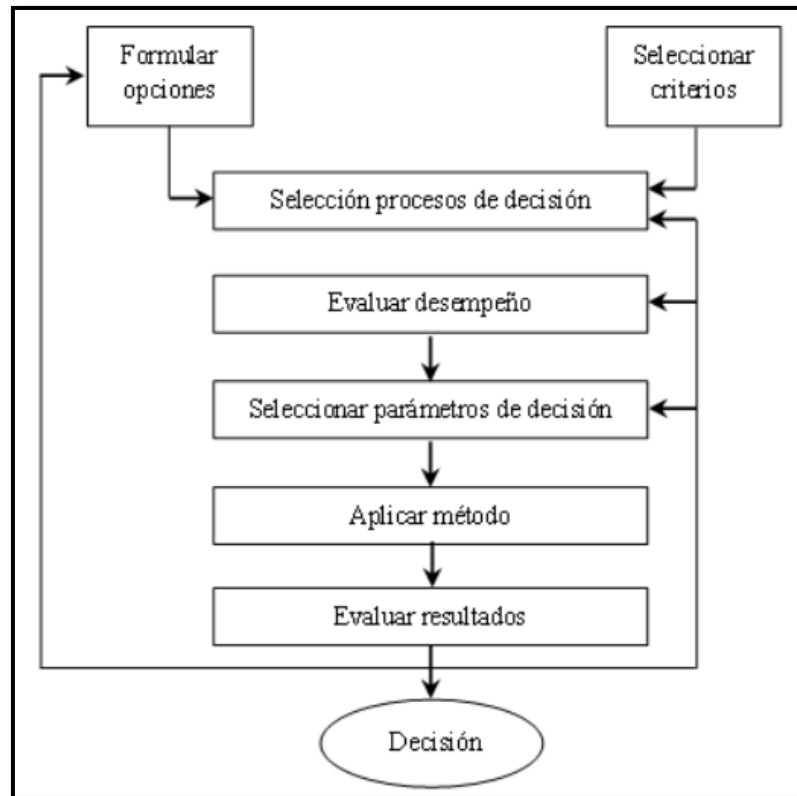


Figura 3. Modelo de la toma de decisión
(Fuente: Grajales, Serrano y Hahn, 2013)

El proceso de decisión

El proceso de decisión requiere de una comparación de los elementos que componen el problema; de acuerdo a Ávila (2000), explica que “la opinión de una única persona en la toma de decisión puede tornarse insuficiente cuando se analizan problemas complejos, sobre todo aquellos cuya solución puede afectar a muchas otras personas” (p. 3), es por ello que se recomienda involucrar a otros especialistas en el tema que ayuden a “estructurar el problema y a evaluar las posibles soluciones” (p.3).

En su estudio de “El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras – El caso de Brasil”, Ávila explica los pasos para la toma de decisiones, que son los siguientes:

- Análisis de la situación;
- Identificación y formulación del problema;
- Identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones.
- Identificación de las posibles soluciones;
- Aplicación de un modelo de decisión para obtener un resultado global; y
- Realización de análisis de sensibilidad.

Métodos de evaluación y Decisión multicriterio

Existen múltiples métodos de aplicación multicriterio, cada uno de ellos se aplicarán dependiendo de la casuística y problemática del estudio, pero principalmente se aplicará la que el experto considere optima, estos métodos pueden ser clasificados en simples y complejos, además que algunos utilizan solo variables cuantitativas, otros solo cualitativas y también existen los métodos que utilizan variables mixtas.

De acuerdo a Ávila (2000), existen dos decisiones multicriterio, las clasifica en Decisión Multiobjetivo, que es “cuando las funciones objetivo, toman un número infinito de valores distintos, que conducen a un número infinito de alternativas posibles del problema” (p. 4); y Decisión Multicriterio Discreta, cuando “aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas” (p.4).

Tabla 1

Clasificación según tipo de variable y cantidad de objetivos.

Variable	Simples	Complejos
Cuantitativos	Indicadores Económicos	Programación Lineal Dominancia entre proyectos
Cualitativos	Lista de verificación Aportes a metas Q-sorting	Delphi
Mixtos		AHP Modelos de Puntuación

Fuente: Metodología Multicriterio para la Priorización y Evaluación de Proyectos¹

2.1.5. Método de Análisis Jerárquico - AHP

La metodología de análisis jerárquico, de Thomas Satty, es una herramienta para la toma de decisiones que se aplica en casi todas las disciplinas, sirve para estandarizar y jerarquizar los elementos sobre los que se está estudiando, asignándoles valores de acuerdo al criterio del especialista, debido a que es un método matemático, que permite cuantificar los rangos jerárquicos.

Satty (2008), en su artículo Decision making with the analytic hierarchy process, explica que, para la toma de decisiones, debemos seguir los siguientes pasos:

1. “Defina el problema y determinar el tipo de conocimiento buscado
2. Estructurar la jerarquía de decisiones desde arriba con el objetivo de la decisión, luego los objetivos desde una perspectiva amplia, a través de los niveles intermedios (criterios de los cuales dependen los elementos subsiguientes) hasta el nivel más bajo (que generalmente es un conjunto de alternativas).

¹ Disponible en < https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/29837/Methodolog%C3%ADa_Multicriteriocompleta.ppt>

3. Construya un conjunto de matrices de comparación por pares. Cada elemento en un nivel superior se usa para comparar los elementos en el nivel inmediatamente inferior con respecto a él.

4. Usa las prioridades obtenidas de las comparaciones para ponderar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Haz esto por cada elemento. Luego, para cada elemento en el nivel siguiente, agregue sus valores ponderados y obtenga su prioridad general o global. Continúe este proceso de pesar y agregar hasta que se obtengan las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.” (p.85)

Los valores ponderados de los cuales habla el autor se encuentran en la siguiente tabla de su autoría.

Tabla 2
La escala fundamental de números absolutos

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
2	Ligeramente importante	
3	Moderadamente importante	Experiencia y juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra.
4	Moderadamente más importante	Experiencia y juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra.
5	Fuertemente importante	
6	Fuertemente más importante	
7	Muy fuertemente importante o importancia demostrada	Una actividad es favorecida muy fuertemente, a favor de una actividad sobre otra.
8	Muy muy fuertemente importante	La evidencia que favorece una actividad sobre otra, es del orden de afirmación más alto posible.
9	Extremadamente importante	
Recíprocos de arriba	Si la actividad <i>i</i> tiene asignado uno de los números anteriores distintos	Una suposición razonable.

	de cero cuando se compara con la actividad j , entonces j tiene el valor recíproco en comparación con i .	
1.1 – 1.9	Si las actividades son muy cercanas	Puede ser difícil asignar el mejor valor, pero si se compara con otras actividades contrastantes, el tamaño de los números pequeños no sería demasiado notorio, pero aun así pueden indicar la importancia relativa de las actividades.

Fuente: Decision making with the analytic hierarchy process, Thomas Satty.

El método de análisis jerárquico comprende dos pasos importantes, el primero es la matriz de comparación de pares, donde se determinan los pesos, de acuerdo al análisis del especialista; la matriz de normalización de pares en donde se generan los pesos finales para cada elemento analizado, y finalmente se realiza una matriz de consistencia para corroborar, en caso sea aceptable, las decisiones del especialista.

Matriz de comparación

De acuerdo a la teoría del método de análisis jerárquico – AHP, la matriz de comparaciones pareadas es el primer paso donde se asignan los valores o pesos, de acuerdo a los axiomas de reciprocidad, homogeneidad, independencia y expectativas.

El axioma de reciprocidad es cuando, se coloca un valor “ a ”, respecto de un elemento i , sobre un elemento j , el valor de reciprocidad sería “ $1/a$ ”, respecto a la evaluación del elemento j sobre el elemento i ; el axioma de homogeneidad es cuando, los elementos se comparan entre sí, dando el valor de 1; para el axioma de independencia de acuerdo a Juan (2016) es “cuando el decisor realiza las comparaciones, se está suponiendo que los criterios no tienen dependencia con las

propiedades de las diferentes alternativas” (p. 15) y explica también que para el axioma de las expectativas, “el propósito de la toma de una decisión, se asume que la jerarquía es completa.”

(p.15). con estos criterios se puede se obtendría la siguiente tabla:

Tabla 3

Matriz de comparación de pares

Variable	E1	E2	E3	E4
E1	1	a	b	c
E2	1/a	1	d	e
E3	1/b	1/d	1	f
E4	1/c	1/e	1/f	1
suma	x	y	z	t
1/suma	1/x	1/y	1/z	1/t

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de normalización

El valor de 1 sobre la suma de los valores de las columnas, se halla en la matriz de comparación de pares, se utilizan en la matriz de normalización de pares, para hallar los pesos de cada elemento. En un cuadro de doble entrada se multiplicará para cada elemento, el valor asignado por el especialista, con el valor de la unidad sobre la suma de la columna (1/suma), una vez hallados todos los valores se sumarán las filas de cada elemento y de dividirá por la cantidad total de estos. Hallando finalmente los valores correspondientes de cada elemento, para llegar al postulado final y poder hallar valores jerarquizados, de acuerdo al tipo de estudio.

Tabla 4

Matriz de normalización de pares

Variable 1	E1	E2	E3	E4	Vector priorización
E1	$1*(1/x)$	$a*(1/y)$	$b*(1/z)$	$c*(1/t)$	wV_1E1
E2	$1/a*(1/x)$	$1*(1/y)$	$d*(1/z)$	$e*(1/t)$	wV_1E2
E3	$1/b*(1/x)$	$1/d*(1/y)$	$1*(1/z)$	$f*(1/t)$	wV_1E3
E4	$1/c*(1/x)$	$1/e*(1/y)$	$1/f*(1/z)$	$1*(1/t)$	wV_1E4

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$$wV_1E1 = 1/(1/x) + a/(1/y) + b/(1/z) + c/(1/t) / 4$$

$$wV_1E2 = 1/a/(1/x) + 1/(1/y) + d/(1/z) + e/(1/t) / 4$$

$$wV_1E3 = 1/b/(1/x) + 1/d/(1/y) + 1/(1/z) + f/(1/t) / 4$$

$$wV_1E4 = 1/c/(1/x) + 1/e/(1/y) + 1/f/(1/z) + 1/(1/t) / 4$$

Este procedimiento se realiza para todas las variables y sus elementos, pues para poder hallar los valores de jerarquización, es necesario que se asigne un valor o peso (w) para cada uno de estos. Por ejemplo, para la variable 1 que comprende 4 elementos a analizar, se evaluarán sus cuatro elementos en la matriz de comparación y normalización, y también se realizará el mismo procedimiento para esta, con todas las demás variables, lo cual quiere decir que se realizará una matriz de doble entrada para determinar el peso de la variable 1, variable 2, y todas las que el especialista necesite y considere necesarias para el estudio. El procedimiento final para el cálculo de los valores de jerarquización se observa en la siguiente matriz.

$$V = \begin{bmatrix} wV_1 * wV_1E1 + wV_2 * wV_2E1 + \dots + wV_n * wV_nE1 \\ wV_1 * wV_1E2 + wV_2 * wV_2E2 + \dots + wV_n * wV_nE2 \\ wV_1 * wV_1E3 + wV_2 * wV_2E3 + \dots + wV_n * wV_nE3 \\ wV_1 * wV_1E4 + wV_2 * wV_2E4 + \dots + wV_n * wV_nE4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$

De esta matriz podemos obtener los resultados finales de acuerdo a la problemática que se esté analizando. Por ejemplo, en un estudio “x”, se podría decir que el rango de V_1 a V_2 es el valor que representa zonas o áreas con mayor peligro y el rango de V_3 a V_4 representa baja o nula vulnerabilidad.

Consistencia

La relación de consistencia sirve para verificar y validar, las decisiones de evaluación del especialista, de acuerdo a Juan (2016), “Si es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión, pero si es inaceptable deberá reconsiderarse y probablemente modificar los juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.” (p. 16)

El procedimiento para hallar la relación de consistencia, es mediante el valor suma – promedio (λ_{max}), que es el promedio de la sumatoria del valor ponderado sobre el vector priorización. El vector de suma ponderado, es la sumatoria de los valores del vector priorización por los pesos asignados por el especialista en cada columna. Ver tabla N° 5

Tabla 5
Vector suma ponderado y Valor suma-promedio

Variable 1	E1	E2	E3	E4	Vector suma ponderado	Valor suma-ponderado/ Vector priorización
E1	$1 \cdot w_{V_1 E1}$	$a \cdot w_{V_1 E2}$	$b \cdot w_{V_1 E3}$	$c \cdot w_{V_1 E4}$	$wp_{V_1 E1}$	$wp_{V_1 E1} / w_{V_1 E1}$
E2	$1/a \cdot w_{V_1 E1}$	$1 \cdot w_{V_1 E2}$	$d \cdot w_{V_1 E3}$	$e \cdot w_{V_1 E4}$	$wp_{V_1 E2}$	$wp_{V_1 E2} / w_{V_1 E2}$
E3	$1/b \cdot w_{V_1 E1}$	$1/d \cdot w_{V_1 E2}$	$1 \cdot w_{V_1 E3}$	$f \cdot w_{V_1 E4}$	$wp_{V_1 E3}$	$wp_{V_1 E3} / w_{V_1 E3}$
E4	$1/c \cdot w_{V_1 E1}$	$1/e \cdot w_{V_1 E2}$	$1/f \cdot w_{V_1 E3}$	$1 \cdot w_{V_1 E4}$	$wp_{V_1 E4}$	$wp_{V_1 E4} / w_{V_1 E4}$
Suma						$\sum wp_{V_i E_n} / w_{V_i E_n}$
Valor suma-promedio (λ_{max})						$(\sum wp_{V_i E_n} / w_{V_i E_n}) / n$

Fuente: Saaty, 1980. Elaboración propia.

Donde:

$$wp_{V_1 E1} = 1 \cdot w_{V_1 E1} + a \cdot w_{V_1 E2} + b \cdot w_{V_1 E3} + c \cdot w_{V_1 E4}$$

$$wp_{V_1 E2} = 1/a \cdot w_{V_1 E1} + 1 \cdot w_{V_1 E2} + d \cdot w_{V_1 E3} + e \cdot w_{V_1 E4}$$

$$wp_{V_1 E3} = 1/b \cdot w_{V_1 E1} + 1/d \cdot w_{V_1 E2} + 1 \cdot w_{V_1 E3} + f \cdot w_{V_1 E4}$$

$$wp_{V_1 E4} = 1/c \cdot w_{V_1 E1} + 1/e \cdot w_{V_1 E2} + 1/f \cdot w_{V_1 E3} + 1 \cdot w_{V_1 E4}$$

Una vez obtenido el valor de Suma-promedio (λ_{max}), se obtiene el índice de consistencia, que es la resta del valor suma-promedio con la cantidad total de elementos evaluados, sobre la cantidad total de elementos evaluados menos 1.

$$IC = \frac{(\lambda_{max}) - n}{n - 1}$$

La fórmula de relación de consistencia es:

$$RC = \frac{IC - n}{IC_{aleatorio}}$$

De acuerdo a Toskano (2014), el índice de consistencia aleatorio “es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria” (Capítulo III, párr. 59), y sus valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6
Valores de consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

Fuente: Saaty, 1980

Se considerará que la evaluación es consistente cuando no se supere los siguientes valores:

Tabla 7
Límites de consistencia

Tamaño de matriz	Relación de consistencia
3	5 %
4	9%
5 o mayor	10%

Fuente: Saaty, 1980

Solo en caso de que el valor de inconsistencia supere los establecidos, se tendrá que analizar la evaluación realizada por el especialista y asignar nuevos valores en la matriz de comparación de pares, hasta que se llegue a un valor de consistencia aceptable.

2.1.6 Suma Lineal Ponderada

La suma lineal ponderada es el procedimiento más usado en la evaluación multicriterio para la obtención de mapas de aptitud para una actividad determinada debido a su fácil implementación en los SIG. A continuación, la ecuación de la suma lineal ponderada:

$$a_i = \sum_{j=1}^j w_j x_{ij}$$

Donde:

a_i = es la variable ponderada definida como objetivo

w_i = el peso del criterio o factor

x_{ij} = es la variable ponderada definida como objetivo

2.1.7. Selección de factores y criterios

Proceso donde se establecen las posibles alternativas de solución al problema y se definen los criterios y factores mediante los cuales se analizarán las alternativas seleccionadas. Estos factores deben estar asociadas a entidades geográficas por ser un análisis multicriterio espacial.

Como características de los factores y criterios se busca que estos abarquen todos los aspectos del problema; donde sean significativos para el análisis y que cada factor de pueda dividir en partes más pequeñas (variables) que permitan entender el comportamiento de cada factor.

2.1.8. Ponderación de factores

Procedimiento que permite representar en términos cuantitativos el nivel de importancia de los distintos criterios y factores frente a un determinado objetivo, lo que quiere decir que, se obtendrá un valor numérico que indica que tanto expresa el factor y los criterios el problema y solución posible.

2.1.9. Método matemático de Proyección (crecimiento poblacional y de área urbana)

Para la estimación del crecimiento poblacional y de área urbana, existen diversas metodologías, dentro de los cuales se encuentran los métodos matemáticos de proyección que de acuerdo a León (2015):

“los métodos matemáticos que se aplican en el cálculo de la población futura del país, se basan en ecuaciones que expresan el crecimiento demográfico en función del tiempo. Dicho crecimiento medido y expresado en una tasa o en un porcentaje de cambio, se obtiene a partir de la observación o estimación del volumen poblacional en dos o más fechas del pasado reciente. Por lo general, los censos de población, realizados con un intervalo aproximado de diez años, permiten dicha medición.” (p. 61)

Dentro del método matemático de proyección, se encuentran el método de crecimiento aritmético, geométrico y parabólico, de los cuales se utiliza más el método geométrico, porque “supone que la población aumenta constantemente en una cifra proporcional a su volumen cambiante” (León, 2015, p. 52). Además de acuerdo a Daga (2009), “es la proyección

recomendada por el Instituto Nacional de Estadística (INEI), para el cálculo de la tasa de crecimiento anual” (p. 39).

La fórmula geométrica, para proyección de crecimiento poblacional de acuerdo a León (2015), es la siguiente:

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

Donde:

N_t = Población futura, resultado de la proyección

N_0 = Población al inicio del periodo

r = Tasa anual de crecimiento

t = Número de años en que se va proyectar la población

Esta fórmula se aplica para calcular la tasa de crecimiento anual poblacional y posteriormente hallar el cálculo de la población, para un periodo deseado.

De acuerdo a Daga (2009), se aplica la misma fórmula para la proyección de crecimiento urbano, siendo la formula la siguiente:

$$A_t = A_0(1 + r)^t$$

Donde:

A_t = Área en un tiempo final en Ha

A_0 = Área en un tiempo inicial en Ha

r = Tasa anual de crecimiento

t = Número de años en que se va proyectar el crecimiento urbano.

2.2. Base Legal

- Constitución Política del Perú de 1993.
- Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.
- Resolución Directoral N° 007-2013-EF/63.01.
- Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).
- Decreto Supremo N° 013-2009-MINAM, Modifica el artículo 14° del reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).
- Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM, Guía Metodológica para la Elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial.
- Decreto del Consejo Directivo N° 010-2006- CONAM/CD, Metodología de la Zonificación Ecológica y Económica.
- Decreto Supremo N° 088-2007-PCM
- Decreto Legislativo N° 1013
- Resolución Ministerial N° 026-2010-MINAM, Lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial.
- Resolución Ministerial N° 056 – 2015- MINAM, “Contenido mínimo de las disposiciones internas que regulan las Comisiones Técnicas de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) en el ámbito regional o local”.
- Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización.

- Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

2.3. Definición de términos básicos

- **Planificación:** Proceso de anticipación y toma de decisiones relacionadas con las acciones futuras en el territorio, el cual incluye los instrumentos, criterios y aspectos para su ordenamiento ambiental. (Artículo 19 de la ley N° 28611, Ley general del Ambiente)
- **Ordenamiento territorial ambiental:** instrumento que forma parte de la política de ordenamiento territorial. Es un proceso técnico-político orientado a la definición de criterios e indicadores ambientales que condicionan la asignación de usos territoriales y la ocupación ordenada del territorio. (Artículo 19 de la ley N° 28611, Ley general del Ambiente)
- **Recursos naturales:** Se consideran recursos naturales a todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado. (Artículo 3 de la ley N° 26821, Ley para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales)
- **Macrozonificación:** Contribuye a la elaboración y aprobación de políticas y planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, principalmente de los ámbitos: nacional, macroregional y regional.

La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo menor o igual a 1:250.000. (Artículo 4 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Mesozonificación:** Contribuye a la elaboración y aprobación de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, así como a la identificación y promoción de proyectos de desarrollo, principalmente en ámbitos regionales, cuencas hidrográficas o en áreas específicas de interés.

La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo de 1:100.000. (Artículo 4 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Microzonificación:** Contribuye a la elaboración, aprobación y promoción de los proyectos de desarrollo, planes de manejo en áreas y temas específicos en el ámbito local. Igualmente, contribuye al ordenamiento y acondicionamiento territorial, así como al desarrollo urbano.

La cartografía aplicable corresponde a una escala de trabajo mayor o igual a 1:25.000. (Artículo 4 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Enfoque Integral:** incluye los aspectos principales que conforman los sistemas naturales y socioeconómicos y culturales, con un análisis multidisciplinario e interdisciplinario de la realidad. (Artículo 6 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Enfoque Sistémico:** adoptando un enfoque, que aborde sus componentes y sus interacciones. (Artículo 6 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Enfoque Flexible:** permitiendo su perfeccionamiento por los nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, los conocimientos tradicionales, así como nuevas situaciones sobre la problemática de los recursos naturales. (Artículo 6 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Enfoque Participativo:** promoviendo la concertación de los diversos actores sociales en el proceso, con el propósito de considerar los diversos intereses y conocimientos, así como para internalizar y garantizar la sostenibilidad del proceso. (Artículo 6 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Enfoque Descentralizado:** considerando e interactuando los diversos niveles de gobierno y promoviendo el fortalecimiento de capacidades técnicas y de gestión. (Artículo 6 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Valor productivo:** orientado a determinar las UEE que poseen mayor aptitud para desarrollar actividad productiva con fines agropecuarios, forestales, industriales, pesqueros, mineros, turísticos, etc. (Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Valor bio-ecológico:** orientado a determinar las UEE que por sus características ameritan una estrategia especial para la conservación de la biodiversidad y/o de los procesos ecológicos esenciales. (Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Valor histórico-cultural:** orientado a determinar las UEE que presentan una fuerte incidencia de usos ancestrales, históricos y culturales, que ameritan una estrategia especial. (Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Vulnerabilidad:** orientado a determinar las UEE que presentan alto riesgo por estar expuestas a la erosión, inundación, deslizamientos, huaycos y otros procesos que afectan o hacen vulnerables al territorio y a sus poblaciones, así como los derivados de la existencia de las fallas geológicas. (Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Conflictos de uso:** orientado a identificar las UEE donde existan incompatibilidades ambientales (sitios en uso y no concordantes con su vocación natural, así como sitios en uso en concordancia natural, pero con problemas ambientales por el mal uso), así como conflictos entre actividades existentes. (Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Aptitud urbana e industrial:** orientada a identificar las UEE que poseen condiciones tanto para el desarrollo urbano como para la localización de la infraestructura industrial.

(Artículo 8 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Zonas productivas:** según la naturaleza del territorio, incluye zonas que tienen mayor aptitud para uso: agropecuario, forestal, industrial, pesquero, acuícola, minero, turístico, entre otras. (Artículo 9 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Zonas de protección y conservación ecológica:** incluye las Áreas Naturales Protegidas en concordancia con la legislación vigente, las tierras de protección en laderas; las áreas de humedales (pantanos, aguajales y cochas). También se incluyen las cabeceras de cuenca y zonas de colina que por su disección son consideradas como de protección de acuerdo al reglamento de clasificación de tierras y las áreas adyacentes a los cauces de los ríos según la delimitación establecida por la autoridad de aguas. (Artículo 9 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Zonas de tratamiento especial:** incluyen áreas arqueológicas, histórico culturales, y aquellas que, por su naturaleza biofísica, socioeconómica, culturas diferenciadas y geopolítica, requieren de una estrategia especial para la asignación de uso: (zonas de indígenas con aislamiento voluntario, zonas para la seguridad nacional, etc.). (Artículo 9 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Zonas de recuperación:** incluye áreas que requieren de una estrategia especial para la recuperación de los ecosistemas degradados o contaminados. (Artículo 9 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Zonas urbanas o industriales:** incluye las zonas urbanas e industriales actuales, las de posible expansión, o el desarrollo de nuevos asentamientos urbanos o industriales. (Artículo 9 del Decreto Supremo n° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica)

- **Cuenca hidrográfica:** constituye la unidad física básica y general de planificación y ordenamiento en materia de conservación y uso de suelos, aguas continentales y diversidad biológica. (Capítulo IV del Decreto Supremo N° 068-2001-PCM)

- **Plan de desarrollo urbano:** instrumento técnico-normativo que orienta el desarrollo urbano de las ciudades o conglomerados urbanos con población entre 20,001 y 500,000 habitantes, y/o ciudades capitales de provincia, en concordancia con el Plan de Acondicionamiento Territorial y/o el Plan de Desarrollo Metropolitano de ser aplicable. (Artículo 10 del Decreto Supremo N° 027-2003-VIVIENDA)

- **Esquema de ordenamiento urbano:** instrumento técnico-normativo, para promover y orientar el desarrollo urbano de los centros poblados entre 2,501 y 20,000 habitantes, en concordancia al Plan de Acondicionamiento Territorial, el Plan de Desarrollo Metropolitano o el Plan de Desarrollo Urbano, según corresponda, estableciendo las condiciones básicas de desarrollo, incluyendo las áreas de expansión urbana. (Artículo 16 del Decreto Supremo N° 027-2003-VIVIENDA)

III. MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque mixto, ya que se apoya en las bases teóricas sobre su línea de investigación, aplicando métodos y criterios para la solución de los objetivos planteados. Y tiene un enfoque mixto porque incluye en su análisis datos cuantitativos y cualitativos, volviendo la investigación más eficaz porque une estos dos enfoques, aplicando el criterio y la toma de decisiones, respecto a las variables que se están analizando, ya que de acuerdo a Valderrama (2013), “La investigación aplicada busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar”. (p.39)

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es el descriptivo, porque para lograr los objetivos planteados, se requiere de una investigación minuciosa sobre las teorías y métodos que se pueden aplicar, además de recopilar información detallada sobre las variables a analizar, las cuales serán descritas y fundamentadas, de acuerdo a los resultados obtenidos.

3.3. Ámbito temporal y espacial

3.3.1 Temporalidad

El espacio temporal del estudio se da entre los meses de octubre de 2018 a marzo de 2019.

3.3.2 Ámbito espacial

El universo de estudio comprende la cuenca hidrográfica del río Chancay-Huaral tiene una extensión de 3046.37 Km². El ámbito espacial es la cuenca baja del río Chancay que cuenta con una extensión total de 1518.94 km².

3.4. Variables

Tabla 8

Identificación de Variables

Variable dependiente	Variable independiente	Dimensiones	Aspectos	Indicador	Instrumento
Zonas de expansión urbana en la cuenca baja del río Chancay-Huaral	Características del Territorio de la cuenca baja del río Chancay-Huaral	Análisis Demográfico	Evolución Poblacional	Área urbana N° habitantes	Cartografía Escala Inventario Documentos físicos y digitales Imágenes Satelitales
		Análisis multicriterio aplicando SIG	CRITERIOS: Social Económico Ambiental	critérios y % Área (ha) de suelo apto	
			FACTORES: Físicos y limitantes del territorio Infraestructura de servicios	% y área (Ha) factores físicos y limitantes	
		Determinación de las zonas optimas expansión urbana	Zona Zonas optimas y zonas limitantes	Número de zonas optimas con potencial para expansión urbana	Mapas temáticos Sistemas de Información Geográfica

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Población y muestra

3.5.1 Población

El presente estudio se estable considerando como población a la totalidad de centros poblados de la cuenca baja de río Chancay – Huaral con una población total de 176 299 personas siendo, 99 915 hab. para el distrito de Huaral, 19 464 hab. para Aucallama y 56 920 hab. para Chancay de acuerdo al censo 2017, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática.

3.5.2 Muestra

La muestra, está conformada por los distritos de que vienen demostrando un crecimiento urbano acelerado y ostentan ser las de mayor población en la provincia de Huaral. Es así como la cuenca baja del río Chancay - Huaral viene marcando la mayor dinámica poblacional.

3.6. Materiales e instrumentos

Para la elaboración de la presente investigación, se necesitó recopilar la información teórica, numérica y gráfica del área materia de estudio, para poder procesar y obtener los resultados para cada objetivo propuesto.

3.6.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron para esta investigación fueron:

a) Insumos de Imágenes Satelitales

Imágenes satelitales escogidas con las mejores condiciones visuales descargadas de geoservidores gratuitos de instituciones internacionales. La tabla N° 9 presenta los insumos de imágenes satelitales utilizados, así como la fecha de captura y fuente de localización.

Tabla 9
Insumos de Imágenes Satelitales

Insumo	Fecha	Localización
Imagen Landsat 5	Abril 2009	EarthExplorer -USGS
Imagen Landsat 8	Abril 2018	EarthExplorer -USGS
ALOS PALSAR 12.5 mt	Enero 2011	Vertex - Alaska Satellite Facility

Fuente: Elaboración propia.

b) Insumos Cartográficos

Información de elaboración reciente por parte de instituciones públicas, que contiene información técnica y básica para el análisis e interpretación de los productos cartográficos que se otorgaron en forma digital o de descargas de geoservidores gratuitos. La tabla N° 10 contiene el registro y método de incorporación de todos los insumos cartográficos para la presente investigación.

Tabla 10
Insumos Cartográficos

Insumo	Escala	Fuente	Método de Incorporación
Carta Nacional (Hojas: 24-i y 23-i)	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional – IGN	Formato digital .shp
Límites: Regional, Provincial y distrital	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional – IGN	Formato digital .shp
Red Vial	1:100 000	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones - MTC	Formato digital .shp
Hidrografía	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional – IGN	Formato digital shp
Cartas Geológicas (Hojas: 24-i y 23-i)	1:100 000	Instituto Geológico Minero, Metalúrgico - INGEMMET	Transferencia en formato digital

Geomorfología	1:250 000	Instituto Geológico Minero, Metalúrgico - INGEMMET	Digitalización en software geográfico ArcGIS
Suelos	1:2 000 000	Ministerio del Ambiente	Formato digital .shp
CUM	1:100 000	Municipalidad Provincial de Huaral	Digitalización en software geográfico ArcGIS
Red de Agua Potable	--	EMAPA Chancay y Huaral	Transferencia en formato digital .dwg
Red de Desagüe	--	EMAPA Chancay y Huaral	Transferencia en formato digital .dwg
Red Eléctrica	--	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin	Transferencia en formato digital .shp
Mapa de Peligro por Inundación	1:300 000	Municipalidad Provincial de Huaral	Digitalización en software geográfico ArcGIS
Áreas Urbanas	--	Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI	Transferencia en formato digital
Restos Arqueológicos	--	Ministerio de Cultura	Digitalización en software geográfico ArcGIS
Faja Marginal Río Chancay Huaral	1:100 000	Autoridad Nacional de Agua	Digitalización en software geográfico ArcGIS

Fuente: Instituciones mencionadas en la tabla anterior.

3.6.2. Instrumentos

Durante la elaboración de la presente investigación se necesitaron y utilizaron los siguientes instrumentos:

1. Celular Iphone 6S, para grabar y tomar fotografías en las salidas de campo.
2. Cámara fotográfica Canon, para grabar y tomar fotografías en las salidas de campo, con mejor resolución.
3. Laptop Toshiba Qosmio X70-A, para procesar la información facilitada por los organismos públicos y la recopilada en campo.
4. Impresora Epson L355, para impresión de formatos y planos para la salida de campo.
5. Software AutoCAD 2016 – English, para editar la información gráfica del área de estudio.

6. Software ArcGIS 10.3, para realizar el proceso del álgebra de mapas.
7. Software Envi 5.2, para el procesamiento de imágenes satelitales Landsat y ModelBuilder, para automatización procesos cartográficos.
8. Microsoft Excel 2013, para calcular los valores de las áreas óptimas de emplazamiento urbano.
9. Microsoft Word 2013, para la elaboración del informe de investigación.
10. Movilidad vehicular, para poder desplazarse de manera segura y eficiente por toda el área de estudio.

3.7. Procedimiento Metodológico

Para poder alcanzar los objetivos del estudio se siguió una serie de pasos que permite lograrlos de manera ordenada y eficiente; este se dividió en 6 partes, las cuales se siguieron al detalle donde se puede visualizar en la Figura N°4 a través de un flujo metodológico general.

➤ Etapa I: Recopilación de Información

El primer paso o etapa, fue la recopilación de información tanto primaria como secundaria, de tipo física o digital, gráfica y alfanumérica, además de antecedentes sobre estudios similares del área de trabajo tanto de alcance nacional e internacional y sobre zonas con características similares. Donde toda información provino de las instituciones públicas a través de solicitudes formales por medio de sus canales de atención al público.

➤ Etapa II: Gabinete Inicial

El segundo paso o etapa, es consolidar y homogeneizar la información obtenida para preparar la etapa de salidas de campo, elaborando una información base para la investigación con los datos previamente obtenidos, los cuales serán corroborados, editados y aumentados en caso sea necesario.

➤ Etapa III: Campo

El tercer paso o etapa, fue el de salida de campo programándose un total de cuatro visitas al área de estudio, en donde se tomó fotografías del área de estudio y se utilizó la información previamente elaborada mediante mapas y croquis previamente elaborados para esta etapa, la cual fue actualizada y llevada a gabinete.

➤ Etapa IV: Gabinete Final

El cuarto paso o etapa, fue el de consolidación de la información, corroborada y actualizada en campo, se elaboran los cuadros finales de las variables, que procederán a analizarse posteriormente, además de actualizar la información vectorial para elaborar los mapas temáticos de cada una de estas y realizar el geoprocesamiento.

➤ Etapa V: Elaboración de Resultados

El quinto paso o etapa, es describir las características principales del área de estudio para luego realizar la proyección geometría de población y área urbana para un periodo de diez (10) años

con la información censal 2017 del INEI y las imágenes satelitales obtenidas, respectivamente y luego realizar el proceso de análisis jerárquico a cada uno de los factores seleccionados y las variables que las componen y que fueron observados en campo u obtenidos en la Etapa I para así obtener los objetivos del estudio. Mediante el geoprocésamiento de la información aplicando los resultados finales, se obtendrá el mapa final de zonas óptimas de expansión urbana.

➤ Etapa VI: Análisis Resultados

El sexto paso o etapa, es realizar el análisis y discusión de los resultados obtenidos en contraste con los antecedentes encontrados en la etapa de recopilación de información para finalmente poder llegar a las conclusiones y recomendaciones.

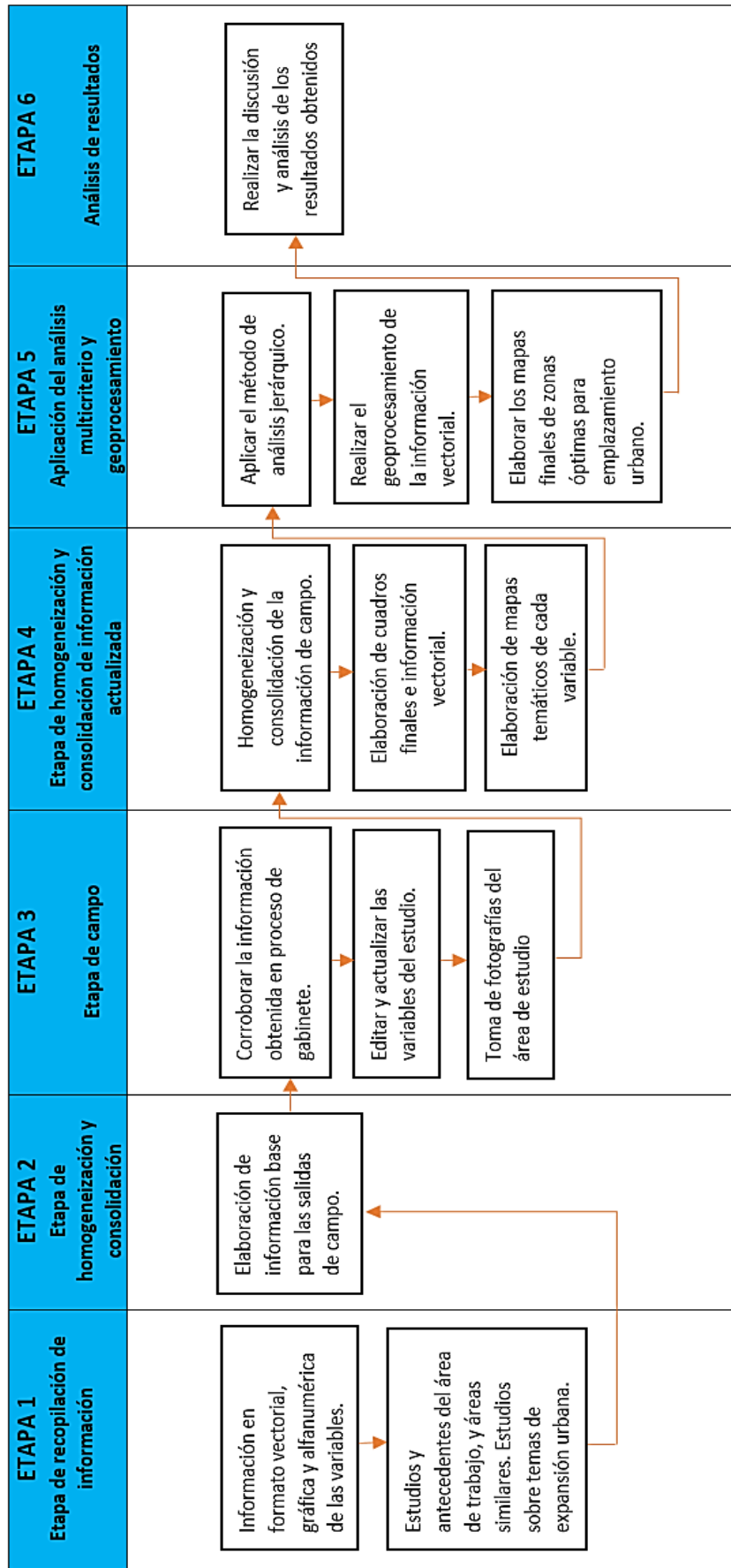


Figura N° 4. Flujo Metodológico del estudio (Fuente: Elaboración propia)

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de área de estudio

La provincia de Huaral, se encuentra en el departamento de Lima con una extensión de 3670 km², y una población de 183,898 personas, de acuerdo al último Censo de Vivienda y Población 2017 – INEI. Los distritos estudiados en esta investigación se localizan en la parte baja de la cuenca del Río Chancay, el cual cruza la provincia de Huaral, y son Aucallama, Chancay y Huaral.

a) Colindancias y Extensión

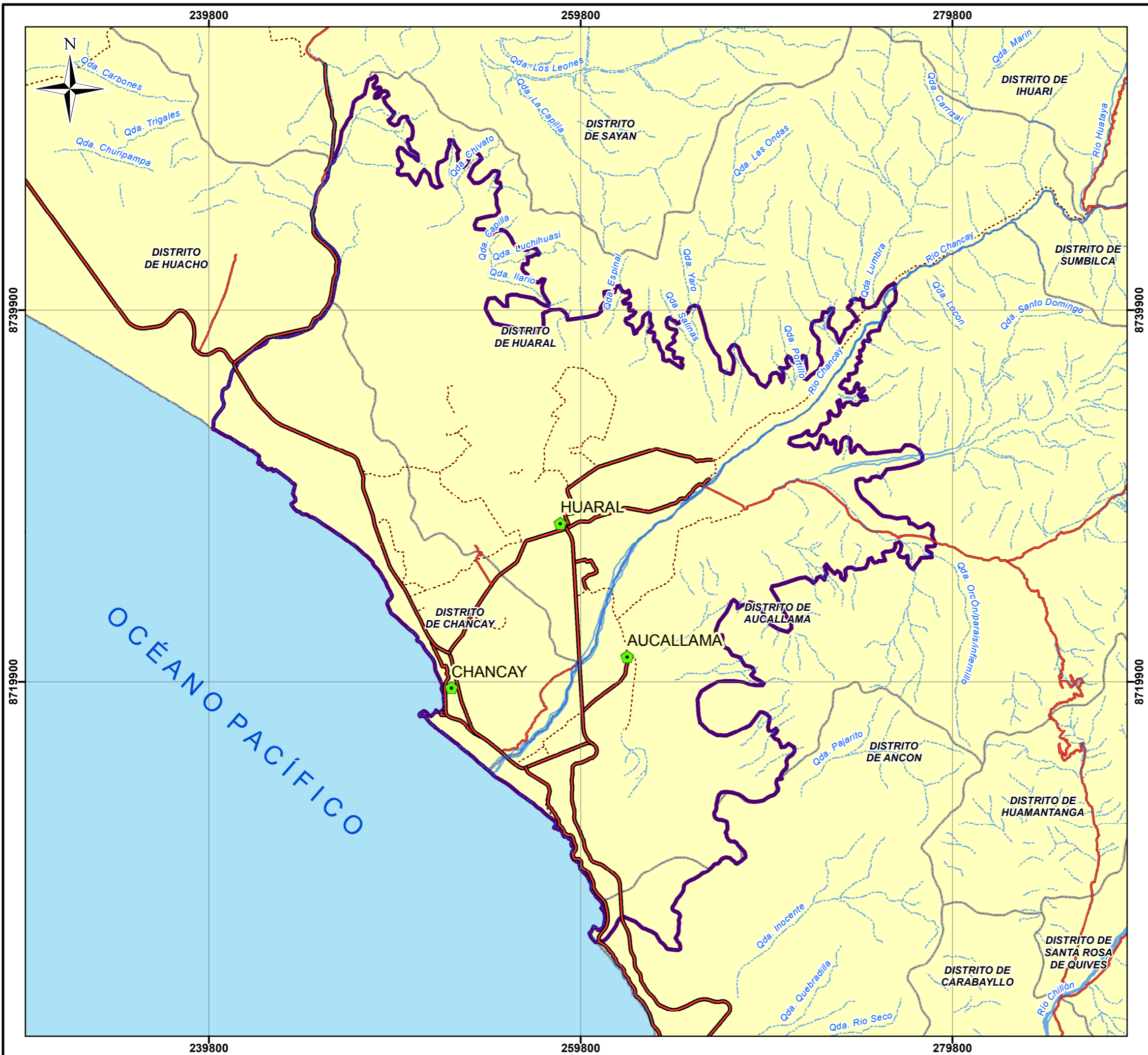
En la siguiente tabla se observan las colindancias y extensión de los distritos sobre los que se está realizando la investigación.

Tabla 11
Colindancias y extensión

Distrito	Colindancias				Extensión (km ²)
	Sur	Norte	Este	Oeste	
Aucallama	Ancón	Huaral y Chancay	Sumbilca y Huamantanga	Océano Pacifico	719
Chancay	Aucallama	Huacho	Huaral	Océano Pacifico	154.67
Huaral	Aucallama	Sayán	Ihuari	Chacay y Huacho	645.27

Fuente: Elaboración propia.

Las colindancias se pueden apreciar mejor en el Mapa 1 de Ubicación del área de estudio, en donde se puede apreciar que solo son estos tres distritos los que abarcan la cuenca baja la del Río Chancay - Huaral.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Quebrada
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		
Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 01
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.		

b) Antecedentes históricos: Crecimiento Urbano y Poblacional

Mediante el artículo “Migraciones, urbanización y Medio Ambiente, en el Valle de Chancay”, Max Meneses (2001) nos menciona que a fines del siglo XIX y principios del XX, la cuenca baja del Rio Chancay Huaral estaba conformada por 13 haciendas, siete medianas propiedades y más de 500 pequeñas. Las haciendas ocupaban la parte central y más rica del valle, mientras que las medianas y más pequeñas se encontraban en zonas marginales. Chancay² y Huaral³ eran pequeños centros poblados. Según datos del censo nacional de población de 1876, la ciudad de Chancay contaba con una población de 1825 habitantes y Huaral solo con 535 habitantes.

En 1890, la ciudad de Chancay se recuperaba lentamente de la destrucción efectuada por los chilenos, Huaral por otra parte a pesar del aspecto de pobreza que dejaba ver, había experimentado un gran cambio respecto a su situación antes de la guerra con Chile, esto debido a su incremento de comercio y a la formación de su primer barrio popular llamada “La Huaquilla” integrada en su mayor parte por afrodescendientes e indígenas.

A partir de la segunda década del siglo XX, la presencia de grandes capitales extranjeros en la agricultura nacional provocó una alteración general del cultivo en toda la costa del país, en el valle de Chancay generó la expansión de cultivo de algodón motivando un gran cambio en los propietarios en las haciendas, la mano de obra migrante (chinos y japoneses) con el tiempo se convirtieron en comerciantes y propietarios agrícolas hasta lograr casi el total de dominio del sector agrícola del valle en las décadas del 20 y 30.

² La ciudad de Chancay fue fundada en 1562 como centro político administrativo de carácter regional.

³ Huaral en 1876, apenas era una estación del ferrocarril, construido desde la hacienda de Palpa hasta el puerto de Chancay, para el traslado de la producción de caña de azúcar hacia el extranjero.

En este contexto, en el que la hacienda se convierte en un activo centro de trabajo que generó, principalmente en épocas de cosecha de algodón, un importante proceso migratorio de campesinos procedente de los valles vecinos de la costa y comuneros de la parte serrana del valle, los principales centros urbanos del valle se dinamizan destacando entre estos Huaral. Chancay, sólo logra dinamizarse en la década siguiente al construirse la Carretera Panamericana Norte en los años 1935-1940.

Chancay en 1940 contaba con una población urbana que representaba más del 50% de la población total del distrito, la población urbana de Huaral representaba sólo el 28% de la población total. En 1961 y 1972 esta proporción se altera sustancialmente para el caso de Huaral, llegando a representarse el 53% y 55% respectivamente, mientras que Chancay disminuye ligeramente en términos relativos de un 49% a un 48.62% en los mismos años. Para 1993 la población urbana tanto de la ciudad de Chancay como la de Huaral aumentan sustancialmente hasta representar el 72% y 79% respectivamente. Esta disminución relativa de la población urbana de Chancay hasta 1972 se explica fundamentalmente por qué las corrientes migratorias interurbanas y rurales urbanas, tienden a fluir principalmente a la ciudad de Huaral y otros centros urbanos mayores como Lima.

A partir de la década del 60, paralelamente al proceso de urbanización que experimentan las ciudades de Huaral y Chancay, se observa también el fortalecimiento del estrato social compuesto por pequeños y medianos propietarios agrícolas, dando lugar al establecimiento de una estrecha relación entre la mayor capitalización experimentada en el sector agrario y las inversiones en el comercio urbano.

4.1.1. Actividades económicas

Las principales actividades económicas de la provincia de Huaral, es la agropecuaria, agroindustria, pecuaria, seguidas por la industria, el comercio y la actividad turística y recreativa; y con muy poca participación la minería.

Actividad Agrícola

Esta es la principal actividad económica de la provincia de Huaral, la cual abastece a los mercados locales y a la provincia de Lima y entre los productos que más producen están la papa, la mandarina, maíz y el melocotón; de acuerdo al PAT-HUARAL (2009), “existe una superficie agrícola de 27,063.90 hectáreas (11.3% de la superficie agrícola y No Agrícola existente en la provincia), de las cuales el 100% se encuentra bajo riego” (p. 60), la superficie agrícola y no agrícola se puede apreciar en el tabla N° 12 y 13.

Según el último censo agropecuario realizado el 2012 los valores a nivel provincial de Huaral, se agrega un área agrícola en condición de secano de 31,616.32 hectáreas, pero el área en condición de bajo riego no vario considerablemente respecto al del año 1994.

Actividad Pecuaria

En la provincia de Huaral utilizan en la crianza de sus animales, tecnología de característica genética y alimentos balanceados, principalmente su actividad pecuaria está ligada a la crianza de aves, vacunos y porcinos. Esta actividad después de la agrícola, es una de las más importantes ya que es el soporte económico de un gran sector de la población, siendo para el

año 2006 la producción de 169,542 toneladas, de las cuales un 79.2% es carne de ave, 14.2% es leche fresca y un 3.6% carne de porcino (ver Figura N° 5), además que esta representa el 28.2% de la producción pecuaria regional. Mientras que para el 2008 de acuerdo al PAT-HUARAL (2009), la producción pecuaria fue de “178,596 TM, de los cuales, el 76% corresponde a la producción de carne de aves, seguida por la producción de leche que representa el 16.3% y la carne de porcino con el 5.1%.” (p. 69), ver Figura N° 6, la información de ambos años se detalla en la Tabla N° 14.

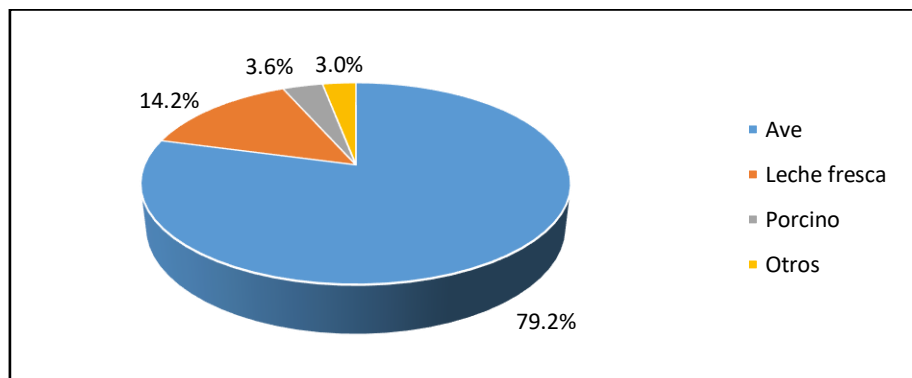


Figura 5. Gráfico de producción Pecuaria de Huaral 2006
(Fuente: Agencia Agraria Huaral)

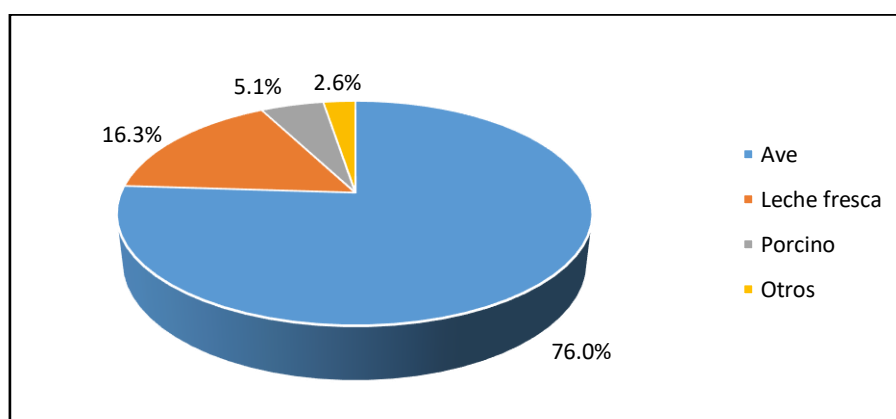


Figura 6. Gráfico de producción Pecuaria de Huaral 2008
(Fuente: Agencia Agraria Huaral)

Tabla 12

Provincia de Huaral: Superficie agrícola y no agrícola – 1994

Provincia	Total*	Superficie Agrícola					Superficie No Agrícola			
		Total	Bajo Riego	%	En Secano	%	Total	Pastos Naturales	Montes y Bosques	Otras Tierras
Huaral	239, 024.00	27,063.90	27,063.90	100	-	-	211,960.48	120,371.53	10,586.91	81,002.04
Región Lima	2, 075, 553.00	180,922.60	169,631.10	93.76	11,291.20	6.24	1,894,630.83	1,310,304.10	44,901.66	539,426.07

* Se refiere a la superficie potencialmente utilizable

Fuente: CENAGRO 1994 – INEI

Tabla 13

Provincia de Huaral: Superficie agrícola y no agrícola – 2012

Provincia	Total*	Superficie Agrícola					Superficie No Agrícola			
		Total	Bajo Riego	%	En Secano	%	Total	Pastos Naturales	Montes y Bosques	Otras Tierras
Huaral	167,734.30	59,287.30	27,670.98	46.67	31,616.32	53.33	108,447.00	69,138.00	123.00	39,186.00
Región Lima	2, 002, 429.26	499,865.26	398,154.61	79.65	101,710.65	20.35	1,502,564.00	1,188,383.00	12,197.00	280,862.00

* Se refiere a la superficie potencialmente utilizable

Fuente: CENAGRO 2012 – INEI

Tabla 14

Provincia de Huaral: Producción pecuaria TM – 2008

Especies	Distrito Huaral	Distrito Aucallama	Distrito Chancay	Distrito Atavillos Bajo	Distrito Atavillos Alto	Distrito Ihuari	Distrito Lampian	Distrito Pacaraos	Distrito S.M Acos	Distrito Sta Cruz	Distrito Sumbilca	Distrito 27 Noviembre	Total	%
Aves (Carne)	44,292	39,390	51,940										135,622	76.0
Aves (Huevo)	312	1,489	1,196										2,997	1.7
Vacunos (Carne)	139	68.4	120	62	95	109	32	95	19	56	78	81	953	0.5
Vacunos (Leche)	4,454	1,417.10	13,790	1,194	2,491	1,707	78	1,109	61	2,089	554	164	29,108	16.3
Ovino	4	1.98	3	8	14	9	0	14	0	4	8	4	69	0
Porcino	3,715	4,337	976										9,027	5.1
Caprino (Carne)	12	4	3	1	1	28	5	1	0		19	4	78	.
Caprino (Leche)						287					89		377	0.2
Alpaca					4			6	2	350			362	0.2
LLama								4					4	0
Total	52,927	46,707	68,028	1,264	2,603	2,140	115	1,228	82	2,499	749	253	178,596	100

Fuente: Agencia Agraria Huaral

Actividad Minera

Esta actividad tiene poca participación en la estructura económica de la provincia de Huaral, aunque de acuerdo al PAT-HUARAL (2009), esto podría cambiar drásticamente debido a la cantidad de concesiones que actualmente existen y las reservas de minerales.

La actividad minera se divide en minería metálica y no metálica, la primera se encarga a la explotación de minerales como plata, plomo y Zinc, mientras que la segunda se encarga de la explotación de carbón, arena y grava. De acuerdo al PAT-HUARAL (2009), respecto a la producción de la minería para el 2006 fue la siguiente:

La producción minera en la provincia corresponde al de la Plata (49,456 KgF) que representa el 6.79% de la producción de plomo a nivel regional. En el caso del Zinc, la producción fue de 36,896 TMF, que representa el 11.92% del total regional.; por su parte la producción de cobre fue de 1,863 TMF representando el 5.13% del re total regional, mientras que la producción de Plomo fue de 7,065TMF, representando el 10.93% del total regional. (p. 71)

En la tabla N°15 se puede observar las concesiones mineras existentes y cuáles son los productos que se extraen de ellas para la provincia de Huaral.

Tabla 15

Provincia de Huaral: Producción Minera

Unidad Minera	Empresa	Localización	Producción	Participación (1)
Producción de plata - Kgf				
Maria Teresa	Minera Colquisiri S:	Huaral	49,423	6.79
Consuelo 178	Pinto Arce Fredy	Pacaraos	33	0
Producción Provincia			49,456	6.79
Producción Regional			727,872	
Producción de Zinc - TMF				
Maria Teresa	Minera Colquisiri S:	Huaral	36,893	11.91
Consuelo 178	Pinto Arce Fredy	Pacaraos	3.06	0.01
Producción Provincia			36,896	11.92
Producción Regional			309,639	
Producción de Cobre TMF				
Maria Teresa	Minera Colquisiri S:	Huaral	1,853	5.13
Producción Provincia			1,853	5.13
Producción Regional			36,108	
Producción de Cobre TMF				
Maria Teresa	Minera Colquisiri S:	Huaral	7,051	10.9
Consuelo 178	Pinto Arce Fredy	Pacaraos	14	0.02
Producción Provincia			7,065	10.92
Producción Regional			64,657	

(1) Respecto a la Producción de la región

Fuente: Ministerio de Energía y Minas 2006

Actividad Pesquera

La actividad pesquera de la provincia se realiza en el Puerto de Chancay y existen dos modalidades, la industrial y la artesanal. En el PAT-HUARAL (2009) se explica que:

La pesca tanto artesanal como industrial, se realiza a través del puerto de Chancay, con un volumen desembarcado el año 2005 de 788,198 toneladas de las cuales 786,457 toneladas se dedicaron al consumo humano indirecto (Harina y aceite de pescado, enlatado) y 1,741 TM al consumo humano directo. Por su parte en el año 2007 estos volúmenes disminuyeron a 429,921 en el caso de los recursos destinados al consumo humano indirecto y a 2,633 en el caso del consumo humano directo (p. 74). Ver tabla N° 16.

Tabla 16

Provincia de Huaral: Desembarco de recursos Hidrobiológicos marítimos por tipo de utilización – TM

Años	Lugar	Total	%	Consumo Humano	Consumo Humano Directo		
				Indirecto (Harina)	Total	Fresco	Enlatado
2005	Chancay	788,198	8.4	786,457	1,741	356	1,385
	Total Nac.	9,353,306	100	8,628,704	724,602	285,947	89,359
2006	Chancay	496,253	7.1	493,921	2,332	340	1992
	Total Nac.	6,983,463	100	5,895,543	1,087,920	344,823	233,359
2007	Chancay	432,570	6.0	429,921	2,633	384	2,249
	Total Nac.	7,178,699	100	6,086,029	1,092,670	347,550	182,490

Fuente: Ministerio de la Producción

Respecto a la comercialización se dividen en comercio mayorista, el cual cubre las demandas de los mercados de Lima, y el comercio minorista, que se encargan de los mercados de los distritos de Huaral.

Actividad Industrial

La actividad industrial se divide entre la industria pesquera y la agroindustria, la primera está relacionada a la utilización de grandes embarcaciones para la captura de peces, elaboración de harina, fabricación de conservas y la preparación filete de pescado.

En la provincia de Huaral se encuentran plantas para la producción de harina y aceite de pescado, sin embargo, actualmente estas son fuentes de contaminación, por los gases emanados y las descargas de sus efluentes al mar. Sin embargo, pese a todo esto se ha visto un incremento en la producción entre los años 2006 a 2008, los cuales se observan en las tablas N° 17 y 18.

Tabla 17

Provincia de Huaral: Producción de Harina y aceite crudo de pescado.

Años	Harina TMB	Aceite Crudo TMB
2006	110,184	22,292
2007	95,657	24,415
2008	91,399	21,968

Fuente: Ministerio de la Producción

Tabla 18

Provincia de Huaral: Producción de enlatado de recursos hidrobiológicos.

Años	Harina TMB	Aceite Crudo TMB
2006	602	101,193
2007	872	83,731
2008	864	106,549

Fuente: Ministerio de la Producción

Respecto a la actividad Agro industrial, se refiere al valor agregado y tecnologías empeladas para la mejora de sus productos en especial de la fresa y esparrago. Es valle de Chancay – Huaral es conocido como una zona frutícola en las cuales se encuentran plantas procesadoras de frutas. En la tabla N° 19, podemos apreciar otras actividades que se realizan en la provincia de Huaral.

Tabla 19

Provincia de Huaral: Actividad Industrial.

Rubros	N°	%
Fábrica de Productos	3	7.69
Desmotadora	2	5.13
Procesadoras	13	33.33
Enjabadoras	1	2.56
Granjas de Aves	2	5.13
Granjas de Porcinos	1	2.56
Granja de Cuyes	1	2.56
Fábrica de Colchones	1	2.56
Fabricantes de Motores	1	2.56
Industria del Vestir	1	2.56
Producción de Embutidos	2	5.13
Industria de la Madera	1	2.56
Avícola de Pollos	8	20.51
Ladrilleras	2	5.13
Total	39	100

Fuente: Of. de Catastro - Municipalidad Provincial de Huaral

Actividad Comercial

Se divide en varios tipos de comercio: el urbano, el extra regional e internacional. El urbano está referido a la actividad comercial que se realiza en las ciudades de Chancay, Huaral y Aucallama, conformado principalmente por MYPES, en la tabla N° 20 se pueden observar los establecimientos comerciales en la ciudad de Huaral para el 2009; mientras que la actividad extra regional se está dirigida al comercio hacia otras provincias; el comercio internacional está vinculado a los productos pesqueros, principalmente harina y aceite de pescado.

Tabla 20

Provincia de Huaral: Establecimientos comerciales de bienes y servicios – 2009.

Rubros	%
Bodegas	16.6
Establecimientos De Entretenimiento y Recreación	1.2
Talleres de Carpintería, Mueblería	1.4
Servicios Diversos	30
Restaurantes, Fuentes de Soda	6.8
Bares y Cantinas	1.2
Venta de productos Alimenticios	26.6
Hoteles y Hostales	1
Talleres (mecánica, motos, venta de repuestos, etc)	6
Avícolas	0.8
Depósitos	3.6
Transformación de Productos	0.4
Ferreterías y vidrierías	1.4
Panaderías Pastelerías	0.8
Venta de insumos agropecuarios	0.8
Instituciones Financieras	0.2
Otros establecimientos	1.2
Total	100

Fuente: Of. De Catastro - Municipalidad Provincial de Huaral

Actividad Turística

Esta actividad no tiene mucha trascendencia en la estructura económica de la provincia de Huaral, sin embargo, cuenta con un potencial turístico y recreativo respecto a sus recursos paisajísticos del valle como Las Lomas de Lachay, sus playas, y patrimonio arquitectónico y arqueológico. De acuerdo al PAT-HUARAL (2009), la provincia cuenta con 350 sitios arqueológicos, y en la tabla N° 21 podemos apreciar los principales sitios arqueológicos que tienen carácter de intangibles y que son consideradas dentro del análisis como un factor limitante o restrictivo.

Tabla 21

Provincia de Huaral: Sitios Arqueológicos.

Sitio arqueológico	Localización
Complejo Arqueológico de Pisquillo Chico	Aucallama
Sitio Arqueológico Las Shicras	Aucallama
Sitio Arqueológico San Jacinto	Huaral
Sitio Arqueológico Rúpac	Huaral
Sitio Arqueológico Chiprac	Atavillos Bajos
Sitio Arqueológico Añay	Atavillos Bajos
Camino Inca	Cruza la cuenca de Chancay- Huaral

Fuente: Adaptado del PAT-HUARAL (2009)

Otra de las actividades turísticas del valle de Chancay-Huaral son sus festividades, teniendo principalmente dos muy importantes: La Semana Santa, en la cual se organizan circuitos turísticos por toda la ciudad y se organizan ferias artesanales y gastronómicas; la otra festividad es la fiesta patronal de San Pedro, que se celebra los 29 de junio y se caracteriza por sus verbenas, bailes costumbristas y ferias gastronómicas.

4.1.2. Características Físicas

Hidrografía y clima

El área de estudio se encuentra en la vertiente hidrográfica del río Chancay, el cual se encuentra formado por un río principal que lleva su mismo nombre y ríos secundarios en ambas márgenes de este. El nacimiento de río Chancay se da por la confluencia de los ríos Vichaycochas y Baños, en la localidad de Puente Tingo, que a su vez nacen de las lagunas que se alimentan de los deshielos de los nevados Alcoy, Tunyun, Puajanca, entre otros; tiene una longitud de 110 km, con una dirección de noreste a suroeste y una pendiente promedio de 3%⁴. Cabe mencionar que para el análisis se ha identificado a la faja marginal del río Chancay Huaral como una variable del factor limitante por lo que se integrara al análisis final.

Los tributarios más importantes del río Chancay son los ríos Huataya, Añasmaya, Carac, Ocumpampa. En la siguiente tabla se podrá apreciar los ríos para ambas márgenes que forman parte de la cuenca de Chancay.

Tabla 22

Microcuencas, ríos, quebradas y lagunas en la cuenca del río Chancay

Cuenca	Margen	Microcuenca	Afluentes y/o tributarios	Centros Poblados y capital de Distrito	Distritos	lagunas
Río Chancay	Izquierda	Río Seco	Qdas. Quipullín, Santo Domingo, Saucosito, PugaPunta, Orcón	Palpa, Pisquillo, Huanchoy, Pacaybamba, Maraynioc, Sumbilca	Aucallama y Sumbilca	
		Río Anasmayo	Margen Derecha: Qdas. Tunasirca, Quicar, Ayranchico, Huanchán, Quipacaca. Margen izquierda: Qdas. Pariapuncu, Chauchacancha, Chaquicocha, Llancay.	San Agustín de Huayopampa, La Perla, Capía, Piscocoto, Huandaro, Rauma, Cucapuncu	Sumbilca Atavillos Bajo	Lagunas Azulcocha y Yanaraman
		Qda. Chilimayo	Margen Derecha: Qdas. Alacrán, Huachinga y Caquer.	Pirca, Ocshupshja, Patahuay	Atavillos Bajo	

⁴ Boletín N°12 – Estudio geodinámico de la cuenca del río Chancay-Huaral / INGENMET

		Margen Izquierda: Qda. Acomayo.				
	Río Baños	Margen Derecha: Qdas. Yanapallaca y Tambo. Margen Izquierda: Río Quiles.	Callapa, Huashcay, Jitapapa, Baños, Ututo, Huarancal, Capilla, Yanacocha, Santander y Pirca	Atavillos alto, Santa Cruz de Andamarca	Lagunas, Hahuashauma n, Vilcacocha, Ocrucococha, Juraococha, Yanacocha, Huantush y Concha Río	
	Río Chierín	Qd. Pupahuasi, Río Tapa	Anamaray, Chungar, Jacray, Tapatapa	Santa Cruz de Andamarca, Pacaraos	Lagunas Azulcocha, Verdecocha, Pampa, Yanacocha Río	
	Río Vichaycocha	Margen Derecha: Qdas. Janca, Rahuite y Escalón. Margen Izquierda: Qda. Pacla.	Vichaycocha, Rumichaca, Pubnca	Pacaraos	Lagunas Chalhuacocha, Rahuite Grande, Rahuite Chico y Lutacocha	
	Qda. Yarcopunc o	Margen Derecha: Qda. Jacna.	Ravira		Laguna Huaracocha	
	Río Carac	Margen Derecha: Qda. Quimán. Margen Izquierda: Río Coto.	Acos, Pilcahuasi, Carac, Japra, Collac, Ayan huasi, Añaypampa, Ticti Grande, Ushcomachay, Yuacchala, Conchapilca	Pacaraos, 27 de Noviembre	Lagunas Lacsacocha, Chulca y Puquio	
	Río Lampían	Margen Derecha: Qdas. Guayaban, Huichín, Colca y Hierba Buena. Margen Izquierda: Qda. Boliche.	Lampían	Lampían	Laguna Pullao	
	Río Huataya	Margen Derecha: Qdas. Quilcache, Hualpalomino, Collac y Paccha Puquio. Margen Izquierda: Qdas. Tancarán, Socavón, Allaracra, Mesada y Yacoco Yunca.	Yunguy, Huachinga, Quispihuay, Ñaupay	Ihuari	Laguna Callcupara	
	Qda Lumbra	Margen Derecha: Qdas. Coronhuay, Carrizal, Vivia y Chocopampa. Margen Izquierda: Qda. Marin.				
	Qda. Huerequequ e	Margen Derecha: Qda. Yaro. Margen Izquierda: Qdas. Las Ondas y Las Ondas.				

Fuente: Equipo técnico del PAT y PDU Huaral 2009 – 2019.

De acuerdo al mapa Climático Nacional del SENAMHI⁵, el cual se realizó en base a la clasificación climática de Werren Thornthwaite, en la cuenca de río Chancay predominan tres tipos de clima los cuales son:

- Clima Semi - Cálido (Desértico árido- sub tropical), el cual tiene una temperatura anual que va de los 18° hasta los 19°. En la parte cercana al litoral hay presencia de cielo nuboso y escasa precipitación, excepto en los años en que hay presencia del fenómeno El Niño, es este tipo de clima donde se ubica la totalidad del área de estudio tal como se puede observar en la figura N° 7.
- Clima Semiseco Frio, corresponden a valles interandinos bajos e intermedios situados entre los 1000 y 3000 msnm. Las temperaturas sobrepasan los 20 °C y la precipitación anual se encuentra por debajo de los 500 mm.
- Clima Lluvioso Semifrigido (De Tundra), clima característico de la región andina, y presenta precipitaciones anuales, en promedio de 700 mm, con una temperatura media anual de 7° C.c.

⁵ Disponible en < <https://senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru> >



Figura 7. Clasificación climática - método de Werren Thornthwaite (Fuente: SENAMHI)

Geología

De acuerdo al PAT-HUARAL (2009), en la provincia de Huaral existen 15 unidades geológicas de las cuales se pueden apreciar parte de ellas en el mapa 8 y se observa la descripción de cada una de estas en la tabla N° 23.

Las unidades geológicas de la cuenca baja del Río Chancay - Huaral son:

- Adamelita (Ks-ad): Roca ígnea plutónica compuesta de sílice y cuarzo.
- Depósito aluvial reciente (Qr-al): se encuentran en quebradas y partes amplias del terreno y se desarrollan en los márgenes del valle y parte baja de la cuenca.
- Depósito eólico reciente (Qr-e): Son depósitos transportados por la fuerza del viento y que conforman depósitos inestables.
- Diorita (Kti-di): Roca plutónica compuesta de feldespatos y minerales oscuros, y se encuentran en su mayoría a los bordes del Río Chancay.
- Gabro (Ks-gb): Roca ígnea plutónica de textura gruesa, compuesta por plagioclasa cálcica y piroxeno.
- Gabrodiorita (Ks-gd): Roca ígnea plutónica de textura gruesa compuesta por feldespatos, minerales oscuros, plagioclasa cálcica y piroxeno.
- Grupo Calipuy (Ti-ca): Compuesta por lavas andesíticas con rocas piroclásticas,
- Grupo Casma (Ki-cs): Se ubica en la costa y está compuesta por andesita y sedimentos marinos intercalados.
- Grupo Goyllarisquizga (Ki-g): Se ubica en las costas del distrito de Chancay, y está compuesta por areniscas cuarzosas.
- Tonalita, diorita (KTi-to/di): Compuesta principalmente por plagioclasas y cuarzo, de origen volcánico

Tabla 23

Geología y Litología en la cuenca del río Chancay - Huaral

Cuenca	Materiales terrestres	Unidades estratigráficas			Ambiente de formación	Litología
ALTA	Materiales de cobertura	Depósitos aluviales: Qr-al.			Continental	Guijarros, con arena, limo y arcilla, con disposición ordenada y compacidad.
		Depósitos glaciares: Qp-g.			Glaciar	Fragmentos de roca con marcada heterometría y de forma algo subangulosa con humedad
	Macizo rocoso	Roca Ígnea	Volcánica	Volcánico Calipuy (Kti-vca)	Vulcanismo	Derrames lávicos con piroclásticos de composición andesítica
		Roca Sedimentaria	Clástica	Formaciones: Oyón (Ki-o), Chimú (ki-chim)	Marino	Arenisca interpuesta con limolita de colores varios
MEDI A	Materiales de cobertura	Depósitos aluviales (Qr-al)			Continental	Guijarros con limo y arcilla, con marcada heterometría
	Macizo rocoso	Roca Ígnea	Volcánica	Volcánico Calipuy (Kti-vca)	Vulcanismo	Derrames lávicos con piroclásticos andesíticos y dacíticos
		Roca Ígnea Sedimentaria	Volcánica sedimentaria	Volcánico Casma (Ki-c)	Marino	Andesitas interpuestas con limolitas con proceso de oxidación
BAJA	Materiales de cobertura	Depósitos aluviales (Qr-al), (Qp-al).			Continental	Acumulación de materiales heterométricos de forma subredondeada y compactos.
		Depósitos eólicos (Q - e1, Q - e2 y Q - e3), (Qr-e)				Acumulaciones de arena media con aparente estratificación y poco estables, cubiertos por depósitos inestables de arenas.

		Depósitos marinos (Q - m)			Marino	Acumulación de arena con restos orgánicos y sales, húmedo e inestable
Macizo rocoso	Roca Ígnea	Volcánica	Volcánico Calipuy (Kti-vca)	Vulcanismo	Roca andesítica interpuesta con piroclástico dacítico, fracturado por proceso de deformación y alterado por proceso de oxidación, conforma los depósitos de escombros.	
	Roca Ígnea Sedimentaria	Volcánica sedimentaria	Grupo Casma (Ki-c)	Marino	Andesita fracturada y alterada intercalada con limolita.	
	Roca Ígnea	Plutónica	Adamelita de Lachay (Ktia-la)	Magmatismo	Roca holocristalina de composición intermedia fracturada por proceso de deformación y alterada por proceso de meteorización química (hidrólisis y oxidación)	

Fuente: Adaptado de Equipo técnico del PAT y PDU Huaral 2009 – 2019.

Geomorfología

Las unidades morfológicas de acuerdo al INGEMMET en la cuenca baja del Río Chancay – Huaral, son las siguientes:

- Campo de Dunas (C-d): Son formaciones costeras en desiertos, cercanas al litoral y se generan por el viento.

- Depósito antrópico (Dan): Ubicado en la provincia de Chancay, es acumulación de fragmentos rocos, minerales y material desechado.
- Faja Litoral (F-l): Se encuentra entre el límite terrestre y el mar, conformado por depósitos aluviales.
- Mantos de arena (M-a): Se encuentran cerca al litoral y son acumulaciones de arenas formadas por acción del viento, son lugares áridos y de poca pendiente.
- Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Se encuentran en la parte baja del cauce de los ríos de la cuenca Chancay-Huaral, compuesta por depósitos de lujo de detritos y lodos.
- Llanura o planicie aluvial (Pl-al): Abarca una gran extensión de la cuenca baja del Río chancay- Huaral, y son zonas amplias y llanas.
- Colina y lomada en roca intrusiva (RCL-ri): Está compuesta por rocas intrusivas como dioritas, granitos y gabros, y están expuestos a procesos de erosión de ladera por flujo de detritos.
- Colina y lomada en roca volcánica (RCL-rv): Formada por cerros de media a altas pendientes formadas por vulcanismo.
- Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (RCL-rvs): Formaciones volcánicas del cretácico y se encuentra conformado por cerros de pendientes medias a altas.
- Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Compuesto por tonalita, ganodiorita y diorita, que están muy meteorizados dando origen a suelos arenosos y arcillosos.
- Montaña en roca volcánica (RM-rv): Conformado por rocas volcánicas y laderas de latas pendientes.
- Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Es un relieve conformado por laderas empinadas y cimas redondeadas propensas a derrumbes, está compuesta por rocas volcano-sedimentarias.

- Terraza indiferenciada (Ti): Se encuentran en el cauce del Río Chancay, donde se producen procesos de erosión fluvial e inundaciones
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): De geomorfología convexa y semicircular se encuentran ubicados al lado de los depósitos aluvio torrenciales y están compuestos de rocas volcánico - sedimentarias, intrusivas y metamórficas.

4.2. Desarrollo del Método Matemático de Proyección Geométrica.

Como se había explicado en el capítulo 2, este método sirve para estimar el crecimiento poblacional y urbano. Este análisis es importante para el estudio pues nos ayuda a calcular un aproximado de cuanta área destinada al uso agrícola se reducirá y convertirá en urbana y si los servicios básicos podrán suplir esta demanda futura.

4.2.1. Análisis Demográfico

4.2.1.1. Densidad Poblacional al año 2017

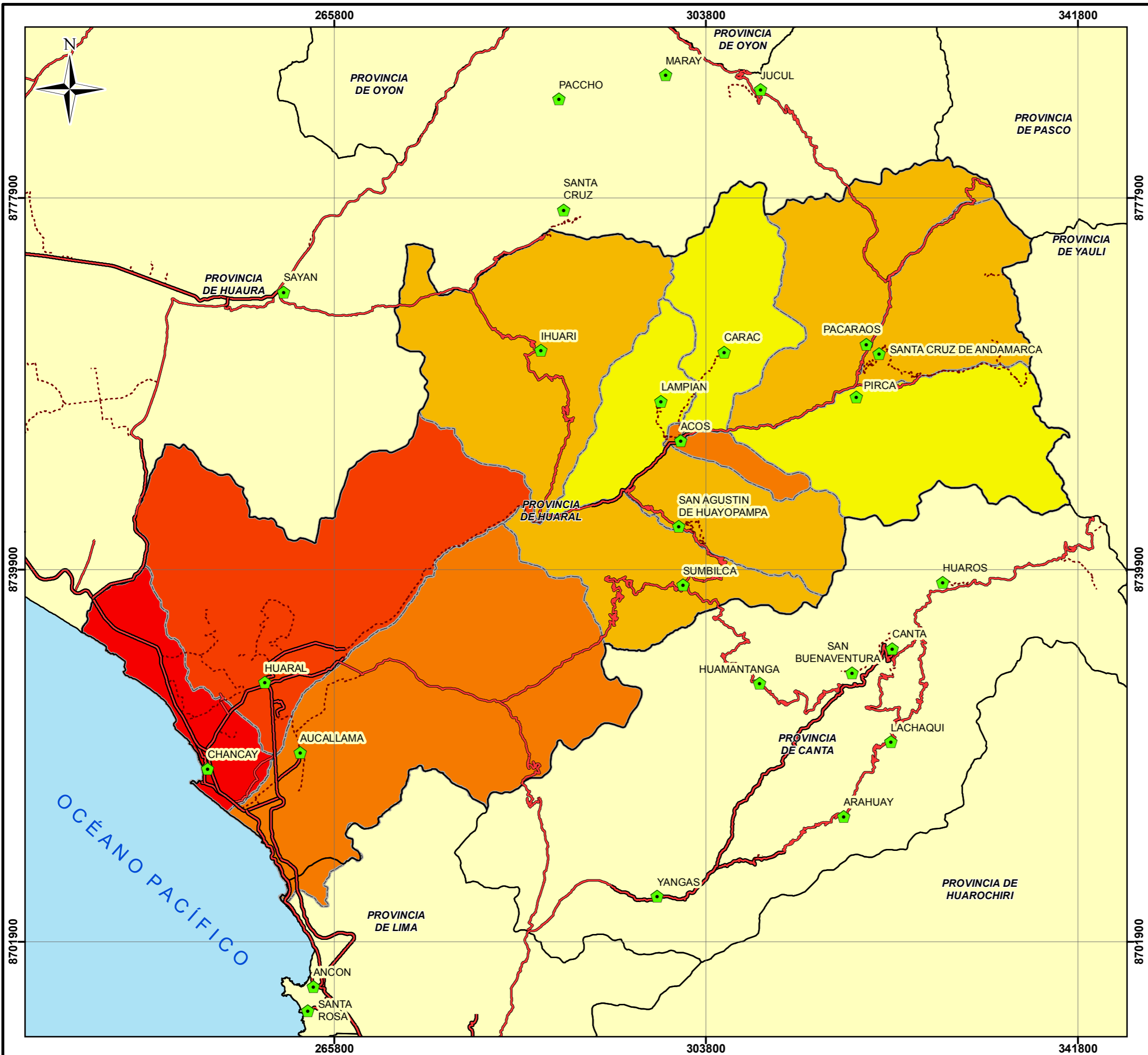
Se realizó un análisis de densidad poblacional a nivel provincial con el fin de contemplar un panorama integral con el área de estudio, así es posible visualizar la gran importancia poblacional de los tres distritos que la integran, para esto se utiliza la información del XII Censo de Población del 2017 y la capa vectorial de distritos, ambos del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. A continuación, se presenta una tabla con todos los distritos que integran la provincia de Huaral en el departamento de Lima.

Tabla 24
Densidad poblacional 2017

DISTRITO	DENSIDAD POBLACIONAL (hab./km ²)
Chancay	366.92
Huaral	154.76
Aucallama	27.04
San miguel de acos	15.58
Atavillos bajo	5.11
Ihuari	4.29
Santa cruz de andamarca	3.84
Pacaraos	3.36
Sumbilca	3.04
Lampian	2.27
Atavillos alto	1.99
Veintisiete de noviembre	1.99

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. Elaboración Propia

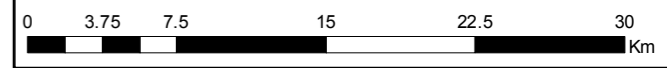
Los resultados indican que el distrito con mayor densidad poblacional es Chancay seguido de Huaral y Aucallama, a continuación, se presenta el Mapa N° 2 de Densidad Poblacional 2017.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:380,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Trocha
- Río
- Vía Afirmada
- Qda. Seca
- Límite Distrital
- Vía Asfaltada
- Océano Pacífico

Densidad Poblacional (hab./km²)

- 1.99 - 2.27
- 2.28 - 5.11
- 5.12 - 27.04
- 27.05 - 154.76
- 154.77 - 366.92

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

DENSIDAD POBLACIONAL

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 02
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

4.2.2. Proyección de la Población

El primer paso, es calcular la proyección de la población urbana para un periodo de 10 años, y se necesitan datos oficiales de los censos nacionales del 2007 y 2017 de los distritos de Huaral, Aucallama y Chancay, los cuales son los que se encuentran en la cuenca baja del Río Chancay.

De acuerdo al XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2007 la población urbana total para estos distritos es 129 755 habitantes; y de acuerdo al XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de comunidades Indígenas del 2017, la población urbana para estos tres distritos fue de 161 415 habitantes.

Entonces, para el cálculo de la tasa anual de crecimiento, los datos son los siguientes:

$$r = \left(\sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}} - 1 \right) \times 100$$

$$N_t = 161415$$

$$N_0 = 129755$$

$$r = ?$$

$$t = 10$$

Como podemos observar, tenemos la población de inicio, la población futura y el periodo de tiempo en años entre ambas, la formula geométrica es la misma, pero esta vez se encuentra en función de la tasa anual de crecimiento, obteniendo el siguiente dato,

$$r = \left(\sqrt[10]{\frac{161415}{129755}} - 1 \right) \times 100$$

$$r = 0.022$$

$$r = 2.2\%$$

Una vez calculada la tasa anual de crecimiento poblacional, se aplica nuevamente la fórmula, para un nuevo periodo de 10 años, la proyección que se estimará será para el año 2027, de la siguiente manera:

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

$$N_t = ?$$

$$N_0 = 161415$$

$$r = 2.2\%$$

$$t = 10$$

Obteniendo el siguiente resultado para el 2027,

$$N_t = 161415(1 + 0.022)^{10}$$

$$N_t = 200\ 656$$

Como resultado se obtuvo que para el año 2027 en la cuenca baja del Río Chancay la población urbana total para los distritos de Huaral, Aucallama y Chancay será de 200 656 habitantes.

a) Resultados de la proyección Poblacional

Los resultados de la proyección del crecimiento poblacional para el periodo 2017 – 2027, aplicando la fórmula para la proyección geométrica fue utilizando como datos base el año del censo de población del 2007 y 2017. El resultado contempla a los distritos de Huaral, Chancay y Aucallama que son los que integran principalmente la cuenca baja de Rio Chancay Huaral. La siguiente tabla nos muestra la evolución de la población urbana del área de estudio, así como la proyección estimada al año 2027.

Tabla 25
Evolución y proyección poblacional 1993-2027

Año	1993	2007	2017	2027*
Población (hab.)	114 461	129 755	161 415	200 656

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

* Proyección Geométrica

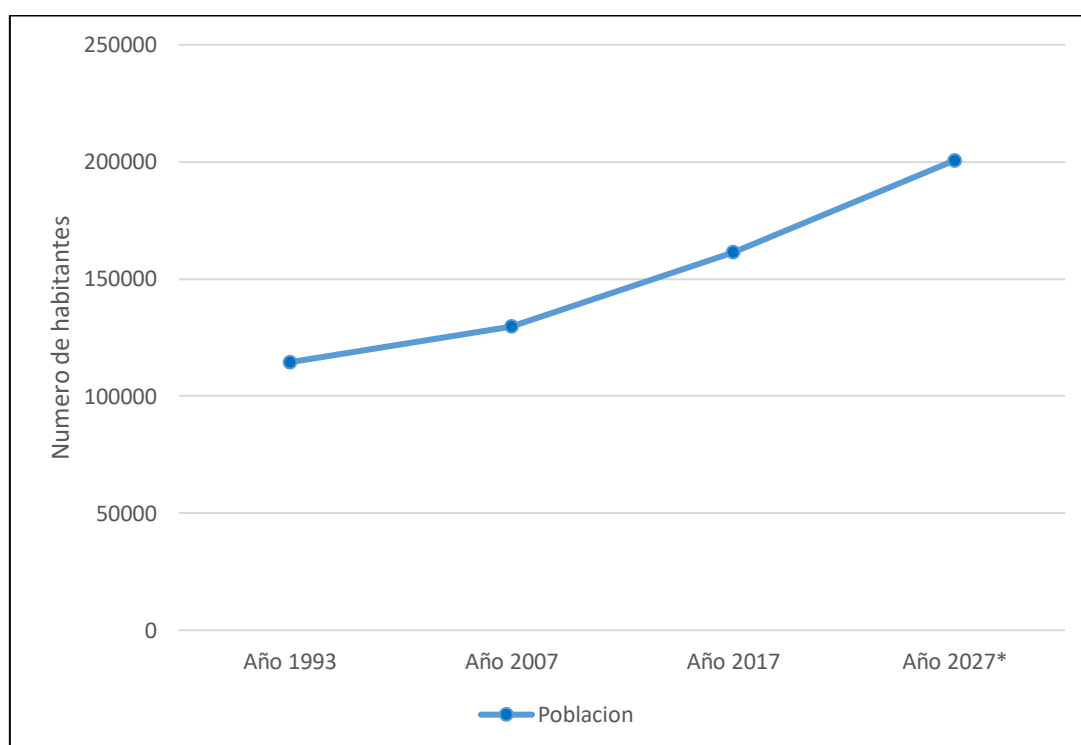


Figura 8. Gráfico de Evolución y proyección poblacional 1993 - 2027
(Fuente: Instituto nacional de Estadística e Informática)

De acuerdo a los resultados de la proyección se espera un incremento de 39 241 habitantes en la cuenca baja de Río Chancay Huaral para el año 2027, por lo que una planificación de la ocupación del territorio es fundamental para un desarrollo sostenible.

4.2.3. Proyección de Área Urbana

Para poder estimar la proyección del área urbana se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5, Landsat 8 y el programa informático de uso libre “Google Earth”, para poder obtener las áreas agrícolas y urbanas del área de estudio. A pesar de que solo necesitamos el área urbana para realizar la proyección, se dará como dato adicional el área agrícola que se reducirá en el periodo de tiempo estimado.

Las imágenes se descargaron de la página web de la USGS (Landsat 8 y Landsat 5), y son de uso libre; para la presente investigación se eligieron las imágenes Landsat 5 del 2009 con nubosidad de escena de 6% y el Landsat 8 del 2018 con nubosidad de escena de 8.85%, para poder observar en un periodo de 9 años cuanto se ha expandido el área urbana y reducido el área agrícola. En el software Envi 5.2, realizaremos la calibración radiométrica y la corrección atmosférica, para mejorar la calidad de la imagen y de esta manera poder digitalizar las áreas con mayor precisión. En las figuras 9 y 10 veremos el antes y después de las imágenes satelitales.

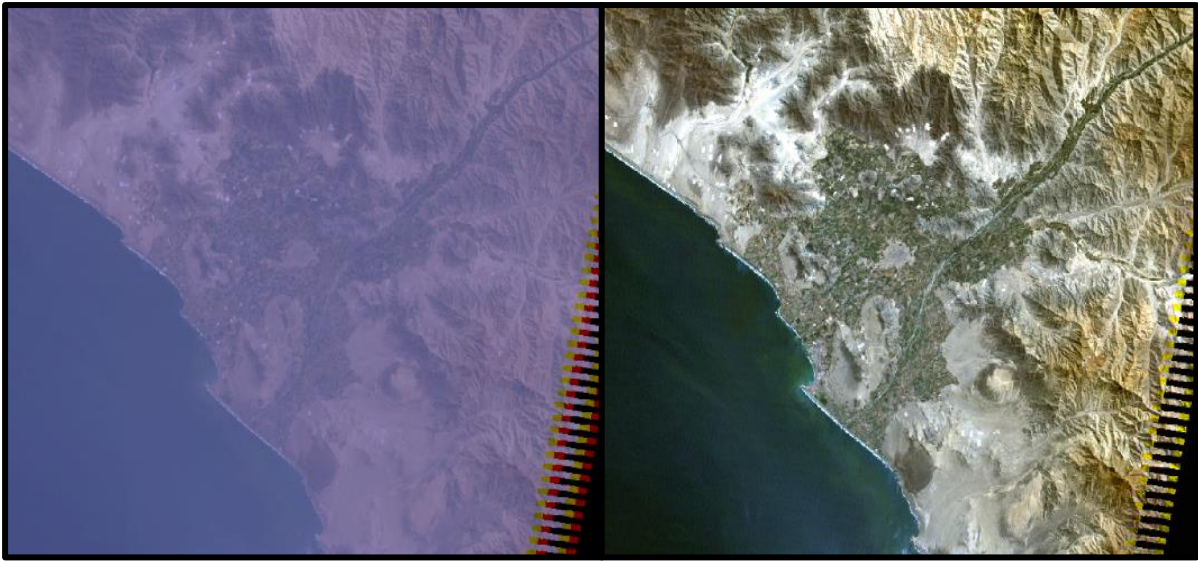


Figura 9. Antes (Izquierda) y después (Derecha) de la calibración radiométrica y corrección atmosférica de la imagen satelital Landsat 5
(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 10. Antes (Izquierda) y después (Derecha) de la calibración radiométrica y corrección atmosférica de la imagen satelital Landsat 8
(Fuente: Elaboración Propia)

Se guardarán las nuevas imágenes en formato TIFF y se pasan a agregar a la tabla de contenidos del ArcMap; para poder digitalizar se irá a *Properties > Symbology* y se seleccionará para el caso del Landsat 5 en el campo “RED” la banda 4, en “GREEN” la banda 3 y en “BLUE” la banda 2, y para la imagen satelital Landsat 8 en el campo “RED” la banda 5, en “GREEN” la

banda 4 y en “BLUE” la banda 3, finalmente se podrá observar que la vegetación tiene coloración rojiza, esto es debido a la banda del infrarrojo cercano que para el caso del Landsat 5 es la banda 4 y para el Landsat 8 la banda 5, en las siguientes figuras 11 y 12 se puede observar esta descripción.

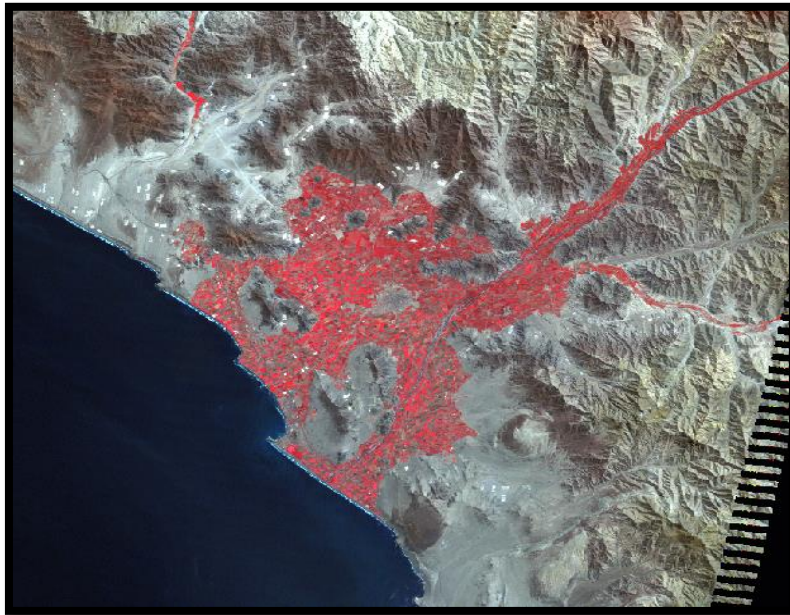


Figura 11. Vegetación con la banda del infrarrojo cercano de la imagen Landsat 5
(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 12. Vegetación con la banda del infrarrojo cercano de la imagen Landsat 8
(Fuente: Propia)

Finalmente se digitaliza el área agrícola de toda el área de estudio para los años 2009 y 2018. Para el área urbana se utilizó como referencia el Shapefile de Áreas Urbanas del Perú del 2017, elaborada por el Instituto de Estadística e Informática (INEI) y el programa informático Google Earth, para poder digitalizar las áreas urbanas sobre las imágenes satelitales debido a la resolución espacial de estas, llegando a un resultado final y preciso, como se puede observar en las figuras 13 y 14.

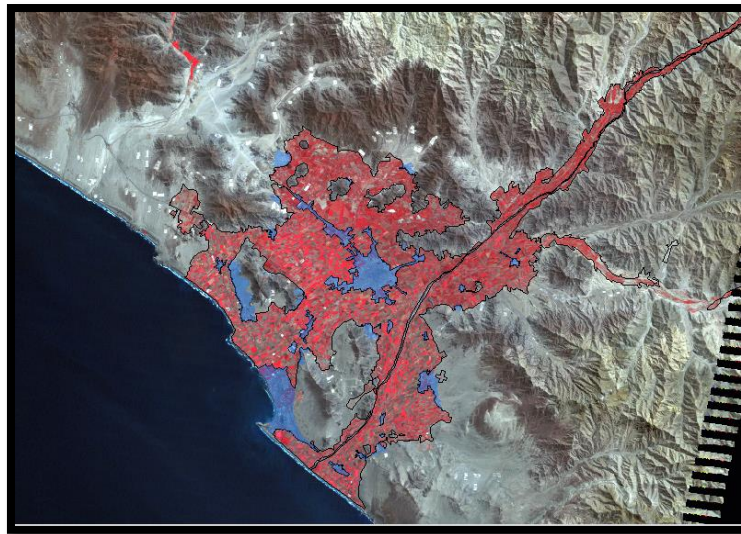


Figura 13. Digitalización del área agrícola (color rojo) y urbana (color azul) de la imagen satelital Landsat 5
(Fuente: Elaboración Propia)

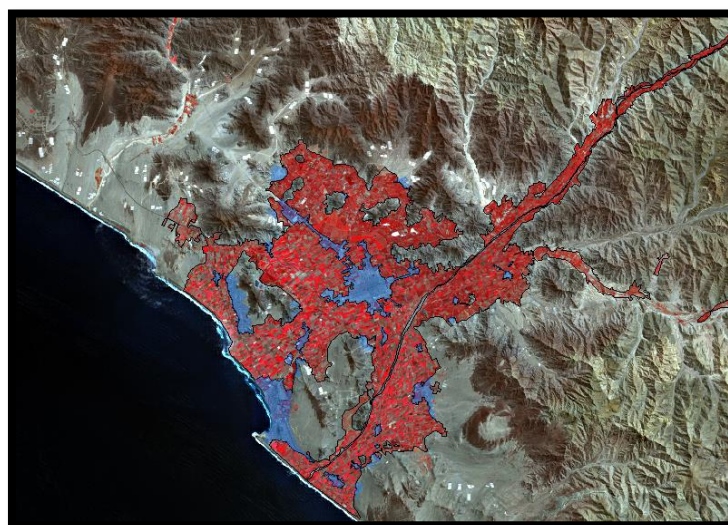


Figura 14. Digitalización del área agrícola (color rojo) y urbana (color azul) de la imagen satelital Landsat 8
(Fuente: Elaboración Propia)

En la tabla N° 26, se pueden observar los datos numéricos, que se obtuvieron gracias a la digitalización, para la parte urbana y agrícola en los años 2009 y 2018, los cuales servirán para aplicar la fórmula geométrica de expansión de área urbana.

Tabla 26

Datos de área urbana y agrícola del área de estudio.

Año	Área urbana (Ha)	Área agrícola (Ha)
2009	3133.33	24049.10
2018	3428.18	23910.36

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar la proyección del área urbana para el año 2027, se debe calcular la tasa anual de crecimiento, con los siguientes los datos:

$$r = \left(\sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}} - 1 \right) \times 100$$

$$N_t = 3428.18$$

$$N_0 = 3133.33$$

$$r = ?$$

$$t = 9$$

Como podemos observar, tenemos el área de inicial, el área futura y el periodo de tiempo en años entre ambas, la fórmula geométrica es la misma, pero esta vez se encuentra en función de la tasa anual de crecimiento, obteniendo el siguiente dato,

$$r = \left(\sqrt[9]{\frac{3428.18}{3133.33}} - 1 \right) \times 100$$

$$r = 0.01$$

$$r = 1\%$$

Una vez calculada la tasa anual de crecimiento urbano, se aplica nuevamente la fórmula, para un nuevo periodo de 9 años, la proyección que se estimará será para el año 2027, de la siguiente manera:

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

$$N_t = ?$$

$$N_0 = 3428.18$$

$$r = 1\%$$

$$t = 9$$

Obteniendo el siguiente resultado para el 2027,

$$N_t = 3428.18(1 + 0.01)^{10}$$

$$N_t = 3749.35$$

Como resultado final se obtuvo que para el año 2027 en la cuenca baja del Río Chancay – Huaral un área urbana total para los distritos de Huaral, Aucallama y Chancay será de 3749.35 hectáreas. Ver mapa N° 2.

a) Resultados de la proyección del Crecimiento Urbano

Los resultados de la proyección del crecimiento urbano para el periodo 2018 – 2027, aplicando la fórmula para la proyección geométrica fue utilizando como base las imágenes satelitales Landsat 5 del año 2009 y Landsat 8 del 2018. El resultado contempla a los distritos de Huaral, Chancay y Aucallama que son los que integran principalmente la cuenca baja de Rio Chancay Huaral. La siguiente tabla y figura nos muestra el comportamiento del crecimiento urbano del área de estudio, así como la proyección estimada al año 2027.

Tabla 27
Comportamiento y proyección del área urbana 2009-2027

Año	2009	2018	2027*
Área Urbana (Ha)	3133.33	3428.18	3749.35
Área Agrícola (Ha)	24049.10	23910.36	-

Fuente: Elaboración Propia

* Proyección Geométrica

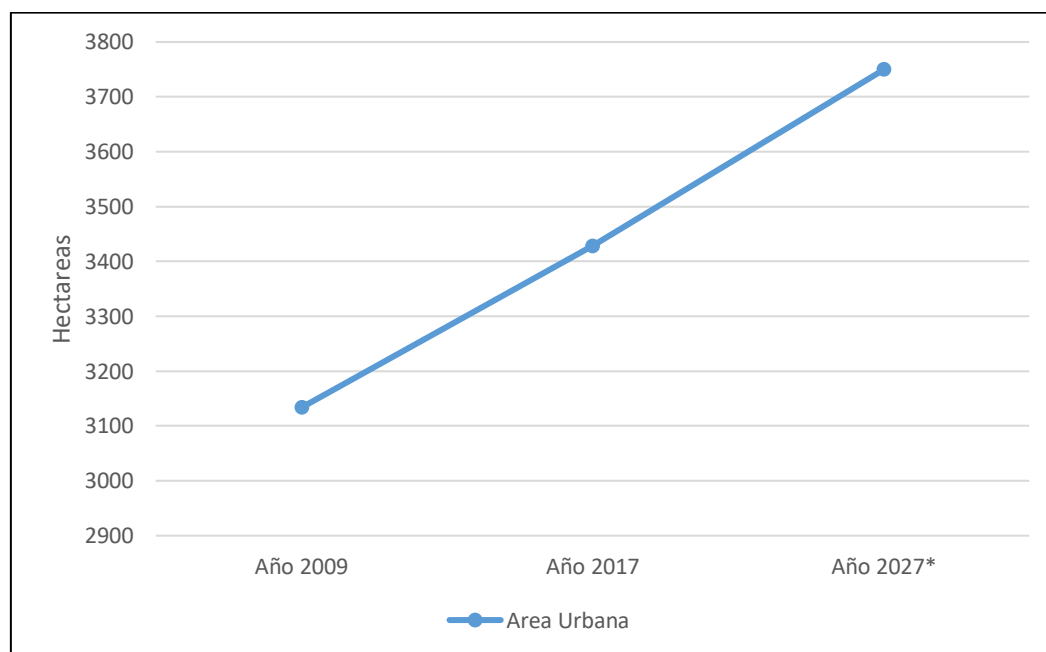
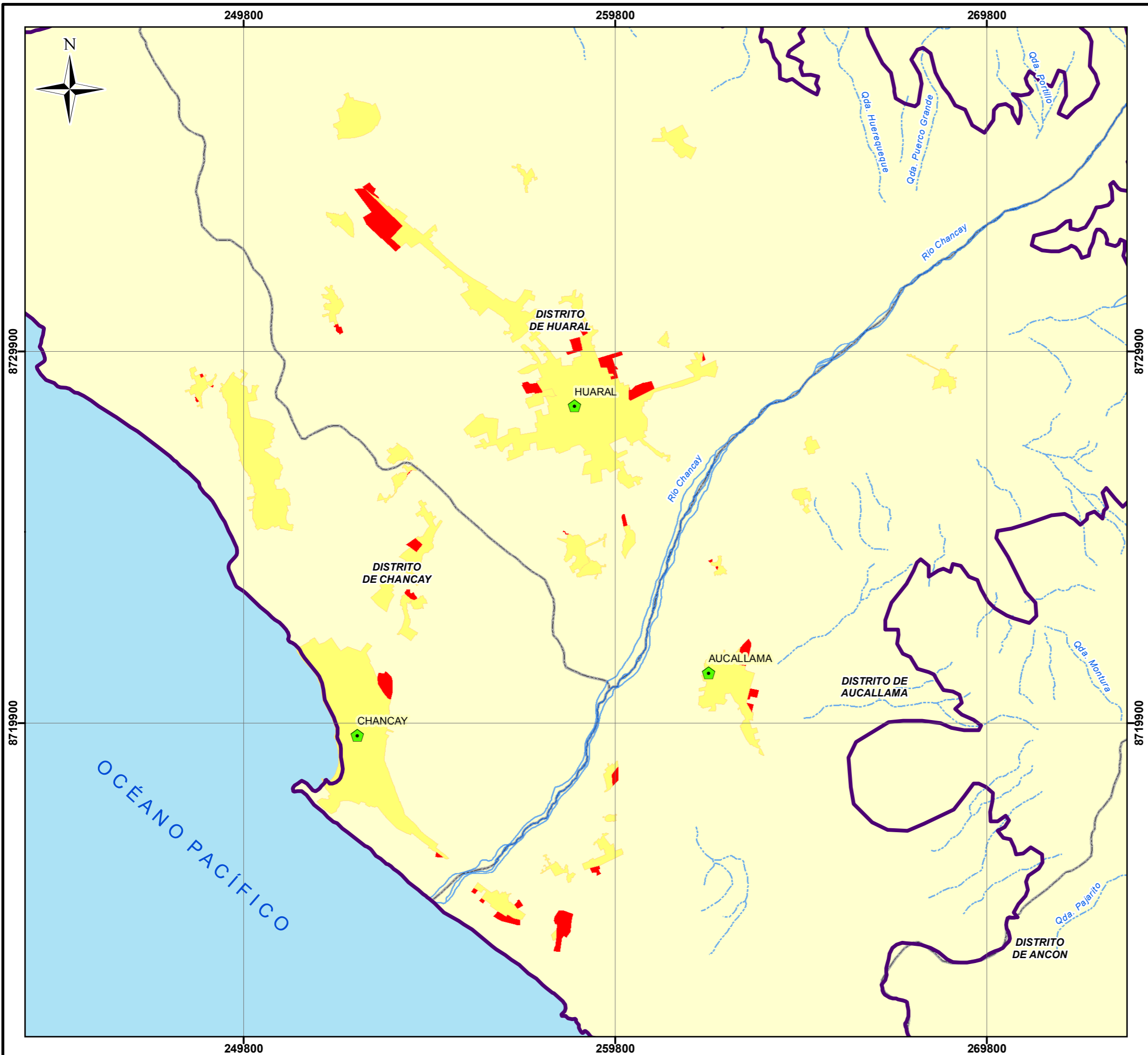
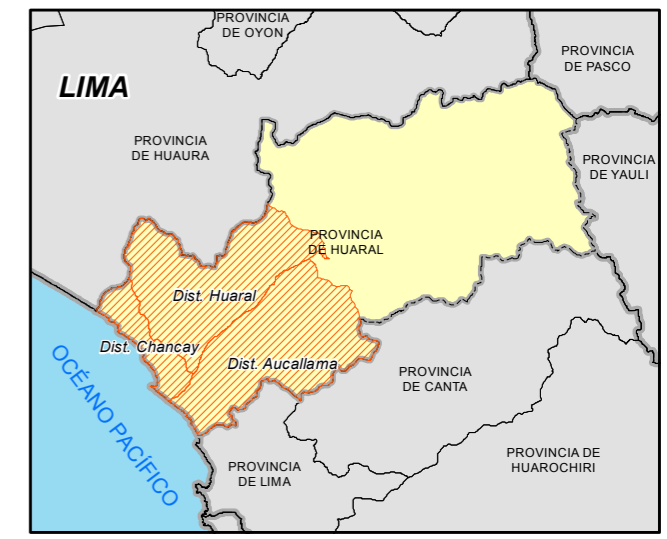


Figura 15. Gráfico de Comportamiento y proyección del área urbana 2009 -2007
(Fuente: Elaboración Propia)

De la tabla N° 27 se concluye que para el año 2027, el área urbana será de 3749.35 hectáreas, lo que significa que se necesitará 321.17 ha. para nuevos asentamientos urbanos de los que existen actualmente, lo que corresponde aproximadamente al 9.37 % del área urbana actual. Por otro lado, se aprecia que el área agrícola perdió 138.74 ha. en el periodo del 2009 al 2018, esto debido al cambio de uso por la latente presión urbana de la población atraída por la actividad económica e industrial. Ver Mapa N° 3.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:100,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Expansión Urbana 2009-2018

- Urbana 2009
- Urbana 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

EXPANSIÓN URBANA 2009 - 2018		
Elaborado por:	Fecha:	Mapa N°:
Julio C. Cruz Fernandez	Marzo del 2019	03
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.		

4.3. Análisis espacial multicriterio de factores en SIG

El proceso consiste en la utilización de los datos geográficos, y se realizara en el software ArcGIS 10.3, haciendo uso de las tablas de atributo de las capas vectoriales para almacenar el resultado de las ponderaciones, a continuación, se observa el mapa conceptual de todo el proceso de análisis espacial.

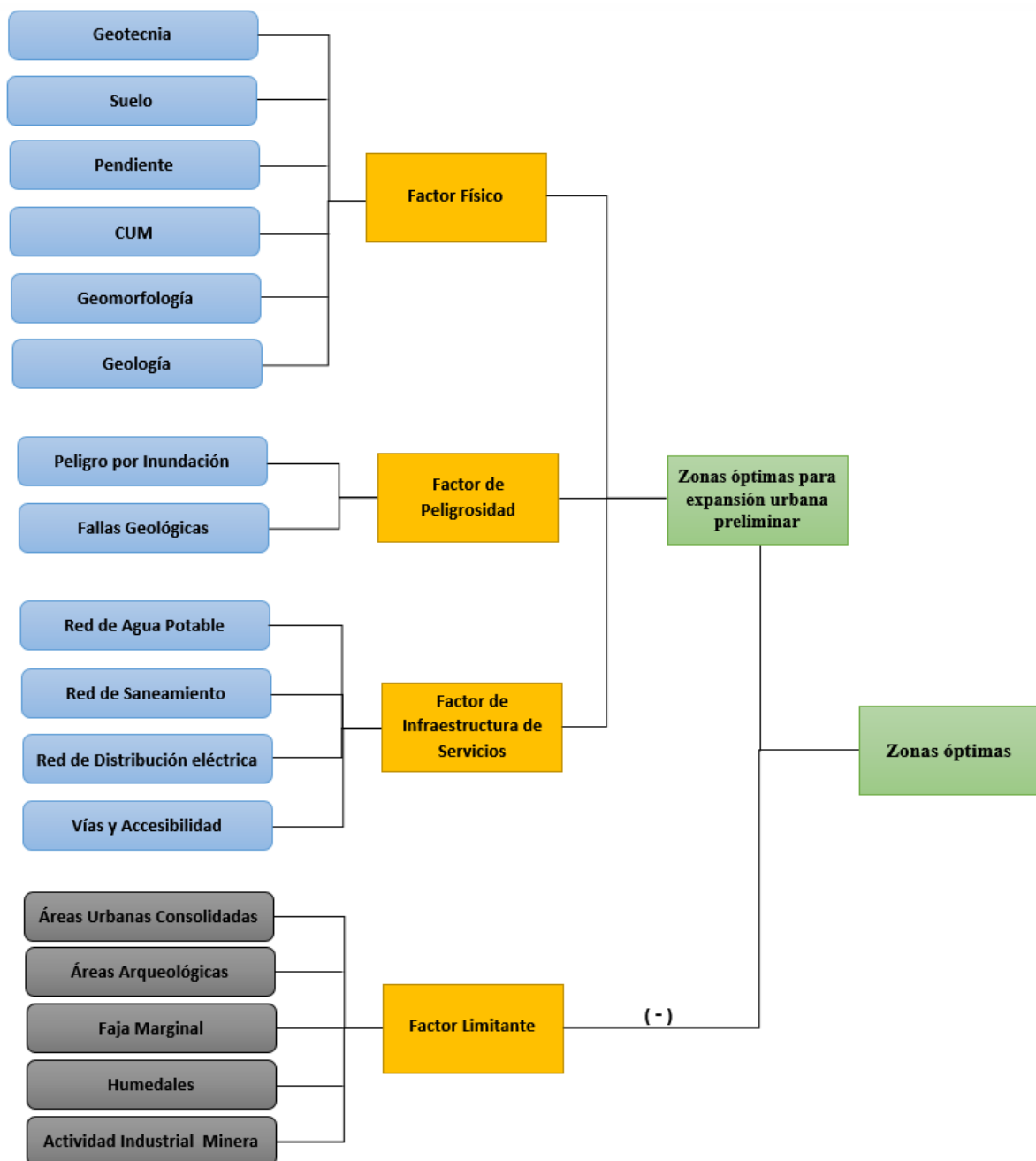


Figura 16. Modelo conceptual del cálculo de los niveles de aptitud (Fuente: Elaboración Propia)

4.3.1. Análisis de los Factores físicos

Estos se refieren al medio ambiente físico o natural, el cual presenta características que condicionan la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración apoyado de un criterio que realza o detracta su importancia respecto a las demás, a continuación se describen los factores físicos tomados en consideración.

a) Desarrollo de información geoespacial para la variable suelos.

El tipo de suelo, está ligado principalmente a la actividad económica y social del ser humano, de acuerdo a sus componentes se pueden designar cuales pueden utilizarse para agricultura, crianza y aspectos urbanos, también está ligado principalmente a las edificaciones, de acuerdo a la compactación y dureza del suelo, y su capacidad de carga que es uno de los factores principales. Mientras que la composición de la misma se analiza en la variable geología.

La información vectorial de los suelos es del año 2009 y fue elaborado por el Organismo Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN, se encuentra en escala 1: 1 000 000. Para fines de este estudio se tomó la información en su totalidad respecto a su descriptores, pero por ser una escala muy extensa, en ArcGIS con la herramienta *Editor*, se ajustó a la escala de trabajo, con la imagen satelital que se visualiza en el ArcGIS y las curvas de nivel, para finalmente ser corroborado en campo; como se observa en la figura N° 17, una vez editado el vector, con la herramienta *Clip* se corta con el área de estudio, y posteriormente se agruparon los tipos de suelo de acuerdo a la importancia y objetivos del estudio, para determinar zonas óptimas de emplazamiento urbano, estas se pueden observar en la tabla N° 28 y Mapa N° 4.

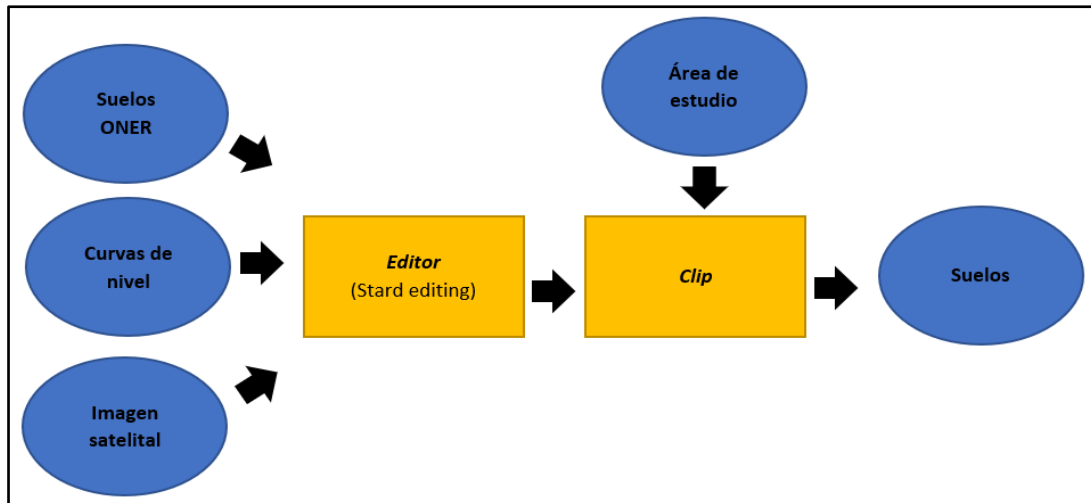


Figura 17. Modelo conceptual de la variable Suelos
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 28

Tipo de suelos

Unidad	Nombre	Descripción
Fle – Rge	Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	Terrazas de origen aluvio coluvial
Lpq - R	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	Suelos delgado, estribaciones de la vertiente occidental de la cadena montañosa andina
Arh - Sch	Arenosol háplico - Solonchak háplico	Llanuras marítimas y eólicas

Fuente: Organismo Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONER

Aplicación de análisis multicriterio en la variable suelos.

En la variable suelos se observa que en el área de estudio predominan los suelos Regosol eutrico en áreas cercanas a la costa y parte central de la cuenca baja, mientras que en las áreas montañosas predominan los suelos tipo Leptosol lítico; debido al criterio de expansión urbana aplicado a esta investigación, se toma en cuenta que a pesar que las partes altas y montañosas son de suelos más rígidos, suponen más inversión para el asentamiento de viviendas, debido a la construcción de la infraestructura urbana, además las altas pendientes, lo convierten en zonas de riesgo. Por ello se toma con menor prioridad a los suelos tipo Lpd-R frente al tipo Arh- Sch y Flc-Rge.

Tabla 29

Matriz de comparación de pares de la variable Suelos

Suelos	Flc - Rge	Lpd-R	Arh - Sch
Flc - Rge	1.00	2.00	4.00
Lpd-R	0.50	1.00	2.00
Arh - Sch	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.75	3.50	7.00
1/SUMA	0.57	0.29	0.14

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor suelos.

Tabla 30

Matriz de normalización de pares de la variable Suelos

Suelos	Flc - Rge	Lpd-R	Arh - Sch	Vector Priorización
Flc - Rge	0.571	0.571	0.571	0.571
Lpd-R	0.286	0.286	0.286	0.286
Arh - Sch	0.143	0.143	0.143	0.143

Fuente: Elaboración Propia

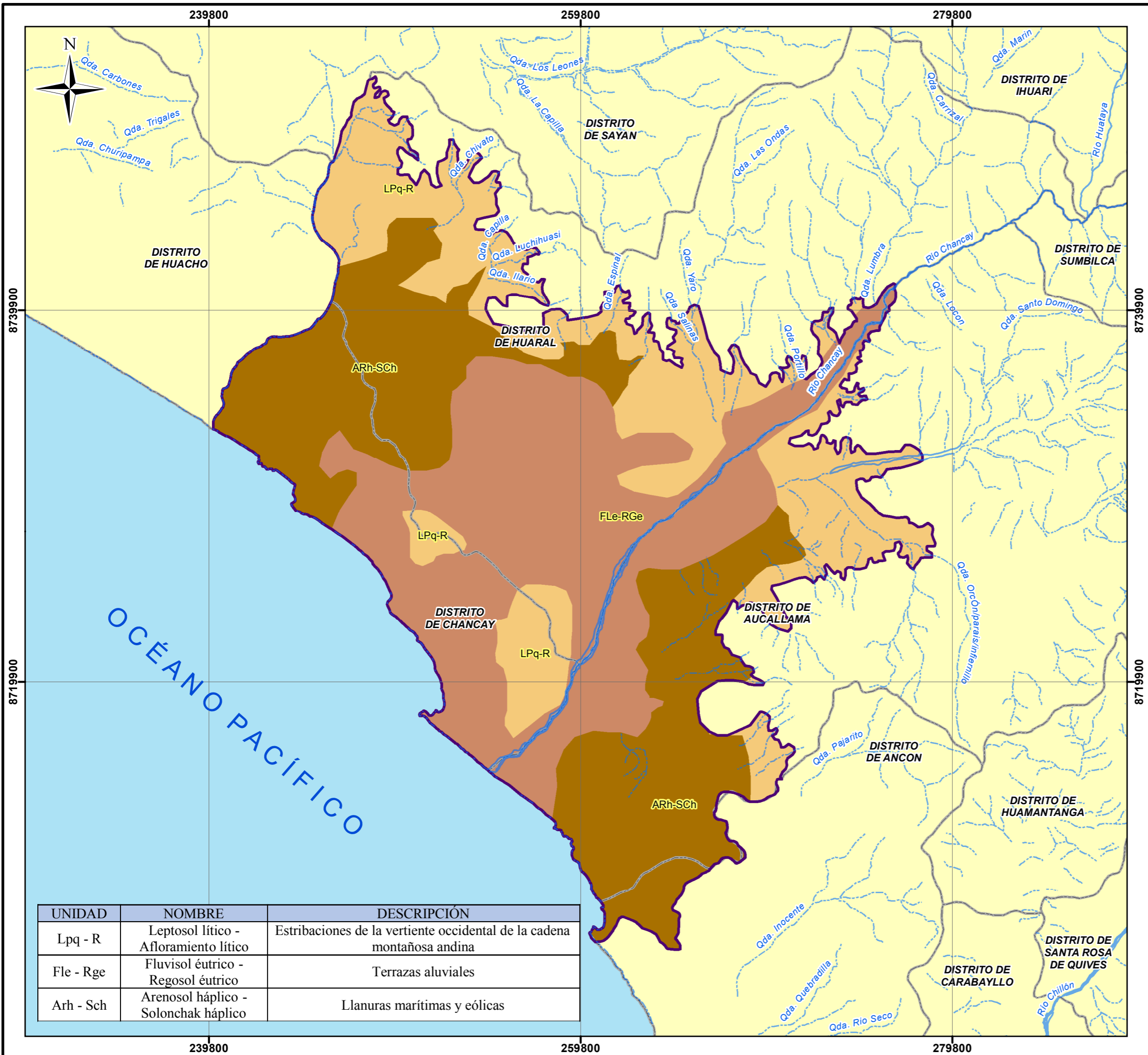
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 31.

Tabla 31

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable suelos

IC	0.000
RC	0.000

Fuente: Elaboración Propia

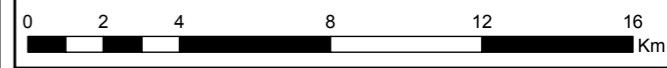


UNIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Lpq - R	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	Estribaciones de la vertiente occidental de la cadena montañosa andina
Fle - Rge	Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	Terrazas aluviales
Arh - Sch	Arenosol háplico - Solonchak háplico	Llanuras marítimas y eólicas

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Tipos de suelo

- ARh-SCh
- FLe-RGe
- LPq-R

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

SUELOS

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez
 Fecha: Marzo del 2019
 Mapa N°: 04

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

b) Desarrollo de información geoespacial para la variable CUM.

La variable está relacionada a la necesidad y utilidad que se da a los suelos, es una manera de agruparlos con fines de aprovechamiento. Por ello en el Perú existe normativa para su clasificación en el Decreto Supremo N° 017-2009-AG, y la función de clasificación, promoción y difusión de esta, se encuentra a cargo del Ministerio de Agricultura y Riego, con el fin de aprovechar el recurso suelo. En este estudio el criterio que se toma es respecto a la expansión urbana sobre áreas agrícolas, debido a la demanda poblacional, que ha ido aumentando con los años; adicionalmente se suma la migración de la sierra y selva a las costas del Perú, el cual se viene dando desde décadas atrás, por diversos motivos.

La fuente con la que se trabajó este estudio fue facilitada por la Municipalidad Provincial de Huaral, en su Plan de Adecuación Territorial del 2009; se utilizó la información en su totalidad, pues se encontraba a una escala provincial y adecuada para lograr los objetivos del estudio. En la figura N° 18 se observa el procedimiento en el software ArcGIS, el cual inicia con la georreferenciación del mapa de uso de suelos en formato PDF (*Georeferencing*), para posteriormente realizar la digitalización con *Editor*; culminado este paso con la herramienta *Clip* donde cortaremos el área digitalizada con el área de estudio, para finalmente adicionarle dos campos (*Add Field*) de simbología y descripción, y proceder a llenar la tabla de atributos de acuerdo con la tabla N° 32. Ver Mapa N° 5.

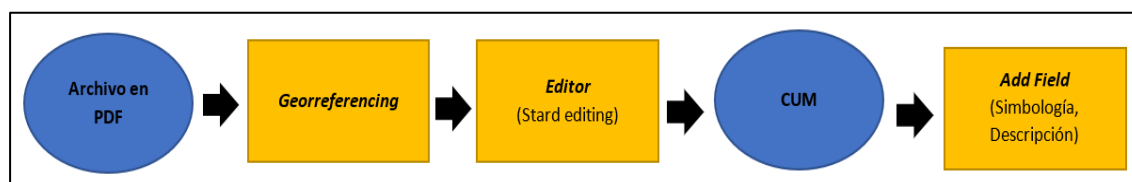


Figura 18. Modelo conceptual de la variable Capacidad de Uso Mayor de Suelos (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 32

Descripción de la variable capacidad de uso mayor (CUM)

Tipo	Descripción
A1s(r)-C2s(r)	Cultivo en Limpio, Calidad Agrícola Alta - Cultivos Permanentes, Limitación por suelo, requieren riego
Xld	Protección (formación asociativa lítica-arena)
Xle	Protección (formación lítica)

Fuente: Plan de Adecuación Territorial del 2009 – Municipalidad Provincial de Huaral.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable CUM.

El criterio que se utiliza en esta investigación es sobre expansión urbana en áreas agrícolas, colocando en la tabla N° 33 de comparación de pares, a los suelos de cultivo y calidad agrícola con mayor importancia (ligeramente diferente) frente a los suelos de protección, que se encuentran sobre las partes altas y son de formación lítica y arenas.

Tabla 33

Matriz de comparación de pares de la variable CUM

CUM	A1s(r)-C2s(r)	Xld	Xle
A1s(r)-C2s(r)	1.00	3.00	6.00
Xld	0.33	1.00	3.00
Xle	0.17	0.33	1.00
SUMA	1.50	4.33	10.00
1/SUMA	0.67	0.23	0.10

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N°34), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor CUM.

Tabla 34

Matriz de normalización de pares de la variable CUM

CUM	A1s(r)-C2s(r)	Xld	Xle	Vector Priorización
A1s(r)-C2s(r)	0.667	0.692	0.600	0.653
Xld	0.222	0.231	0.300	0.251
Xle	0.111	0.077	0.100	0.096

Fuente: Elaboración Propia

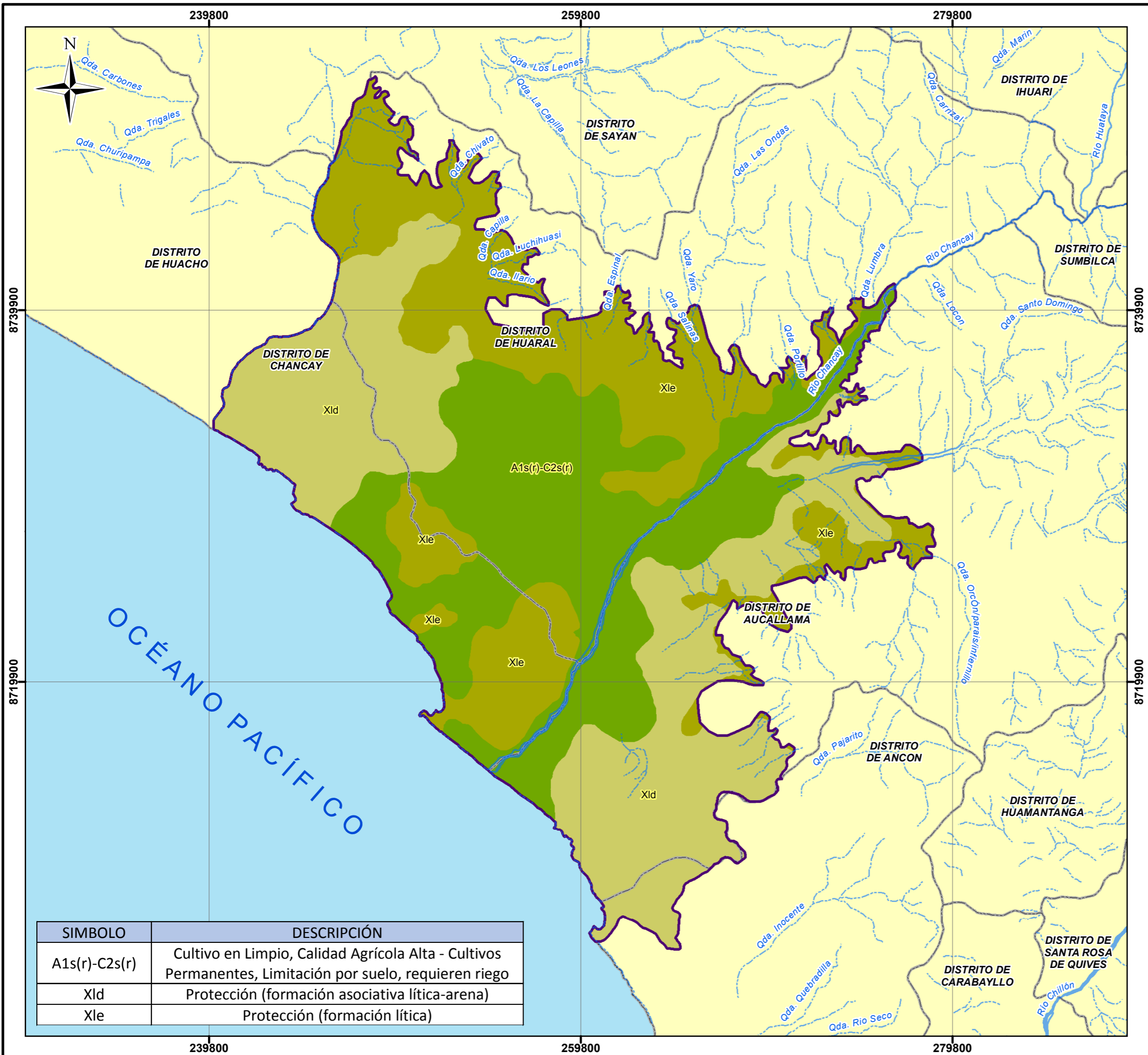
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 35

Tabla 35

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable CUM

IC	0.009
RC	0.017

Fuente: Elaboración Propia

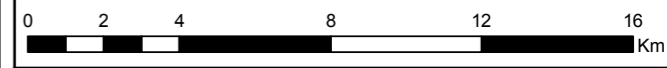


SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
A1s(r)-C2s(r)	Cultivo en Limpio, Calidad Agrícola Alta - Cultivos Permanentes, Limitación por suelo, requieren riego
Xld	Protección (formación asociativa lítica-arena)
Xle	Protección (formación lítica)

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Capacidad de uso mayor de suelos

- A1s(r)-C2s(r)
- Xld
- Xle

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 05
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

c) Desarrollo de información geoespacial para la variable pendiente.

El grado de inclinación de las laderas, colinas o llanuras, es uno de los elementos más importantes en temas de expansión urbana, además de la accesibilidad a estas áreas y la inversión que supone instalarse en zonas de altas pendientes de manera segura, esta variable también tiene mucho que ver con el tema de riesgos naturales que puedan suscitarse en la zona, porque lo que se considera a las zonas de llanura o pequeñas colinas como áreas óptimas para emplazamiento urbano.

En la figura N° 19 se observa que la pendiente se elaboró a partir de un Modelo de elevación digital – DEM (Alos Palsar 12.5 m.), el cual fue llevado al software ArcGIS, y mediante la herramienta *Slope*, se creara la pendiente en grados, el siguiente paso será colocar los rangos asignados para este estudio, los cuales fueron tomados del estudio elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo – CENEPRED, el cual en sus estudio de evaluación de riesgo por lluvias intensas en el centro poblado de Huaral, cuenta con una clasificación de pendientes objetiva para el área de estudio y por ellos se tomó como referencia; con la herramienta *Reclassify*, se ordenaron las pendientes de acuerdo a los rangos y se convirtieron a polígono con a herramienta *Raster to polygon*, y para finalizar se creó dos campos con *Add field*, en donde se agregó los rangos y descripción que se observan en la tabla N° 36, a cada entidad. Para finalmente ser evaluado. Ver Mapa 6.

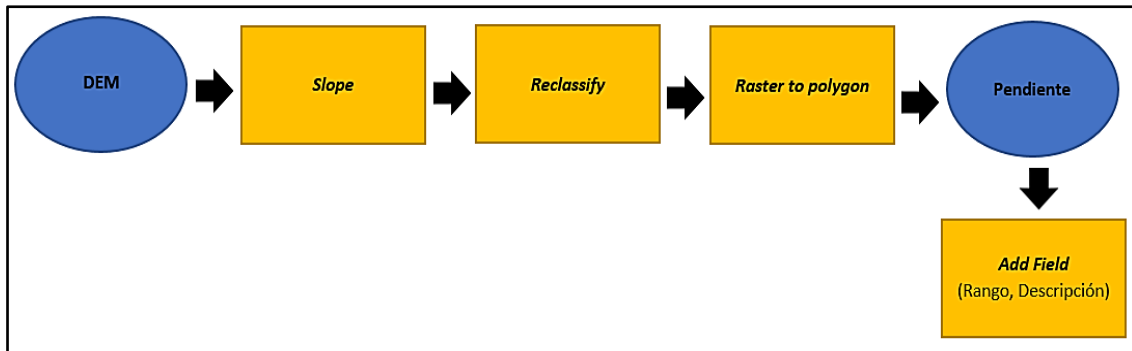


Figura 19. Modelo conceptual de la variable Geomorfología
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 36

Clasificación de pendientes.

Rango	Descripción
< 5°	Terrenos llanos y/o inclinados con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte
> 45°	Pendiente muy escarpados

Fuente: EVAR por lluvias intensas en el centro poblado de Huaral (2017) - CENEPRED.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable pendiente.

Para la ponderación del factor pendiente observamos que gran parte del área de estudio mantiene pendientes moderadas, que van desde 5° hasta los 25°, solamente en las áreas montañosas se observan pendientes altas. Uno de elementos o factores importantes de la expansión urbana es precisamente la pendiente, pues se encuentra ligado al riesgo por orígenes naturales, dentro de ella intervienen también los factores antrópicos, por eso es recomendable para expansión urbana zonas llanas de poca inclinación, que no supongan un peligro futuro y que haga más fácil la disminución de los niveles de vulnerabilidad de la zona de estudio.

En la tabla N° 37, se puede observar que se da mayor importancia a las zonas de menos pendiente, debido a que el tipo de relieve hace factible, la expansión de los servicios básicos y

medios de comunicación, y suponen menos gastos de inversión. Colocando a menor a 5°, como fuertemente más importante que a, entre 25° y 45° y mayor a 45°.

Tabla 37
Matriz de comparación de pares de la variable pendiente

Pendiente	< 5°	5° - 15°	15° - 25°	25° - 45°	> 45°
< 5°	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
5° - 15°	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
15° - 25°	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
25° - 45°	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
> 45°	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor pendiente.

Tabla 38
Matriz de normalización de pares de la variable pendiente

Pendiente	< 5°	5° - 15°	15° - 25°	25° - 45°	> 45°	Vector Priorización
< 5°	0.478	0.496	0.511	0.435	0.389	0.462
5° - 15°	0.239	0.248	0.255	0.261	0.278	0.256
15° - 25°	0.119	0.124	0.128	0.174	0.167	0.142
25° - 45°	0.096	0.083	0.064	0.087	0.111	0.088
> 45°	0.068	0.050	0.043	0.043	0.056	0.052

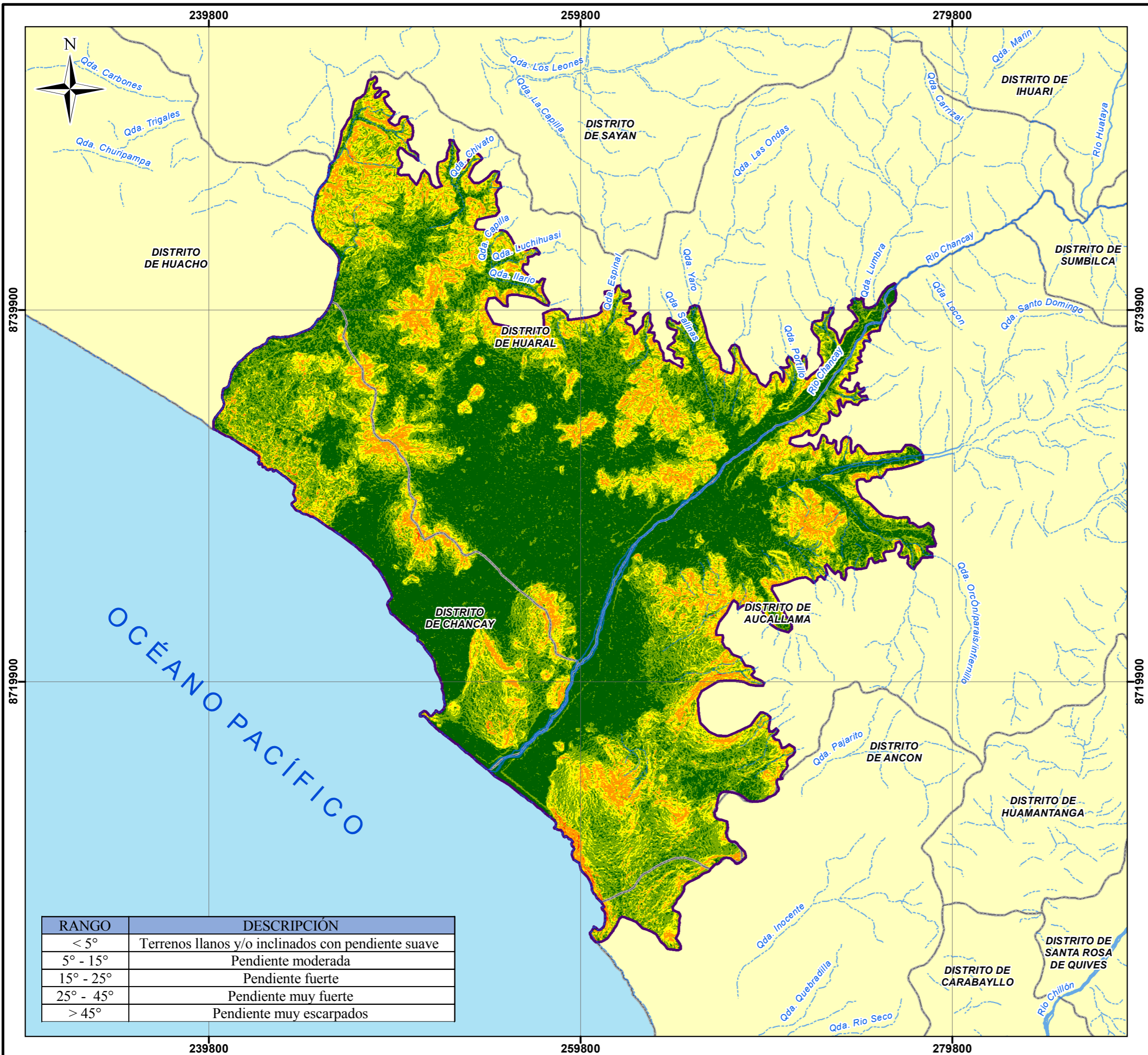
Fuente: Elaboración Propia

Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°39.

Tabla 39
Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable pendiente

IC	0.010
RC	0.009

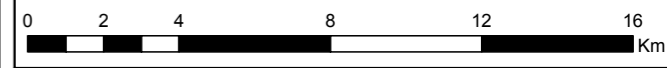
Fuente: Elaboración Propia.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
 - Río
 - Qda. Seca
 - Vía Asfaltada
 - Vía Afirmada
 - Trocha
 - Área de estudio
 - Limite Distrital
 - Océano Pacífico
- Pendiente**
- <5°
 - 5° - 15°
 - 15° - 25°
 - 25° - 45°
 - >45°

RANGO	DESCRIPCIÓN
< 5°	Terrenos llanos y/o inclinados con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte
> 45°	Pendiente muy escarpados

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

PENDIENTES

Elaborado por:	Fecha:	Mapa N°:
Julio C. Cruz Fernandez	Marzo del 2019	06

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

d) Desarrollo de información geoespacial para la variable geotecnia.

La geotecnia es una variable muy importante en temas de ordenamiento territorial, ya que para construir una vivienda siempre es importante saber el tipo de suelo y la capacidad de carga de este, para proyectar la cantidad de pisos que se pueden construir, el tipo de cimientos y los materiales adecuados, los cuales están relacionados a fenómenos de origen natural. Para elaborar la geotecnia se utilizó la metodología aplicada en la tesis “Aplicación de tecnologías de información geográfica para la estimación de riesgo en Villa María del Triunfo” de Alvarez (2018), en donde combina una serie de mapas temáticos y un manual sobre capacidad portante de suelos en el Perú.

Para este tema de investigación se utilizaron los mapas de geología, geomorfología y suelos y curvas de nivel, así como el manual de capacidad de carga, que llevan por título “Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos” y disponible en la web⁶, se superponen las capas dejando como principal vector a suelos, a los cuales se les agrega la información geológica y geomorfológica del suelo, apoyándonos de las curvas de nivel para dibujar de una manera más precisa las formas de este. De acuerdo con las características que estas áreas contengan, con ayuda del manual se les agregara el valor que les corresponda; este proceso primero se elaboro a mano, imprimiendo los mapas y superponiéndolos, para luego digitalizarlo en el ArcGIS con ayuda de las curvas de nivel.

El procedimiento que se realiza en el ArcGIS es el siguiente; primero se digitalizara de acuerdo con los resultados obtenidos, utilizando la herramienta *Editor*, una vez culminada la digitalización se procede a crear los campos donde irán los datos que se observan en la tabla

⁶ Disponible en < https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf>

N° 40, abrimos la *Tabla de atributos* y en la opción *Add field* creamos tres campos para tipo de suelo, descripción y capacidad portante; rellenamos la tabla con los datos correspondientes y finalmente se obtiene el vector de Geotecnia, el cual posteriormente será interceptado con las demás variables físicas y limitantes para obtener los objetivos de este estudio. En la figura N° 20, se observa el flujo del proceso explicado.

Para mayor comprensión ver Mapa N° 7.

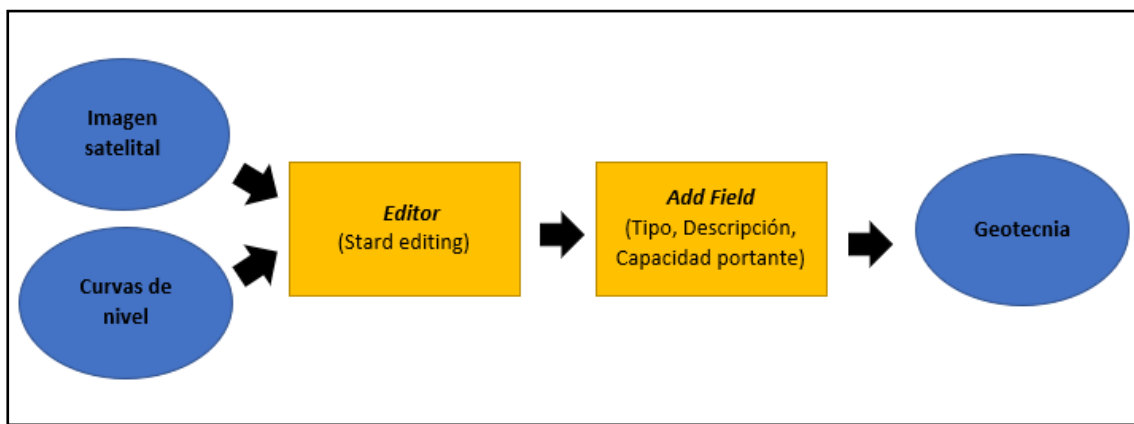


Figura 20. Modelo conceptual de la variable Geotecnia
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 40

Descripción de la geotecnia

Tipo	Descripción	Capacidad portante
Montaña en roca intrusiva	Montaña en roca intrusiva de origen volcánico, con pie de monte aluvio torrenciales	6 Kg/cm ²
Sedimentarios de origen volcánico	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	3 Kg/cm ²
Depósitos aluviales - limosos	Llanuras aluviales y colinas de origen volcano sedimentarias.	0.5 - 1Kg/cm ²
Suelos arenosos eólicos	arenas finas, formación de mantos de arena y dunas	<0.3 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable geotecnia.

En la variable geotecnia se ordenaron los valores de capacidad portante de mayor a menor, a este factor se le dio el cuarto orden frente a los demás factores, debido a que está ligada a la resistencia de los suelos frente a construcción de infraestructura urbana (viviendas, centros recreacionales, educación, etc.) pero a la vez está siendo estimada por lo que sus valores no son de precisión.

Para la obtención de los pesos se agregaron valores de acuerdo a la jerarquía e importancia de los descriptores, se colocó a la capacidad portante 3 kg/cm² frente a 6 kg/cm² con un valor de 2, debido a que no hay tanta diferencia, lo contrario del caso < 0.3 kg/cm², el cual frente a 6 kg/cm², si existe una diferencia notoria, que también se observó en campo, respecto a los tipos de suelos. Ver Tabla N° 41.

Tabla 41

Matriz de comparación de pares de la variable geotecnia

GEOTECNIA	6 kg/cm ²	3 kg/cm ²	0,5 - 1 kg/cm ²	<0.3 kg/cm ²
6 kg/cm ²	1.00	2.00	3.00	7.00
3 kg/cm ²	0.50	1.00	2.00	3.00
0,5 - 1 kg/cm ²	0.33	0.50	1.00	2.00
< 0.3 kg/cm ²	0.14	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.98	3.83	6.50	13.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.15	0.08

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor geotecnia.

Tabla 42

Matriz de normalización de pares de la variable geotecnia

GEOTECNIA	6 kg/cm ²	3 kg/cm ²	0,5 - 1 kg/cm ²	<0.3 kg/cm ²	Vector Priorización
6 kg/cm ²	0.506	0.522	0.462	0.538	0.507
3 kg/cm ²	0.253	0.261	0.308	0.231	0.263
0,5 - 1 kg/cm ²	0.169	0.130	0.154	0.154	0.152
<0.3 kg/cm ²	0.072	0.087	0.077	0.077	0.078

Fuente: Elaboración Propia

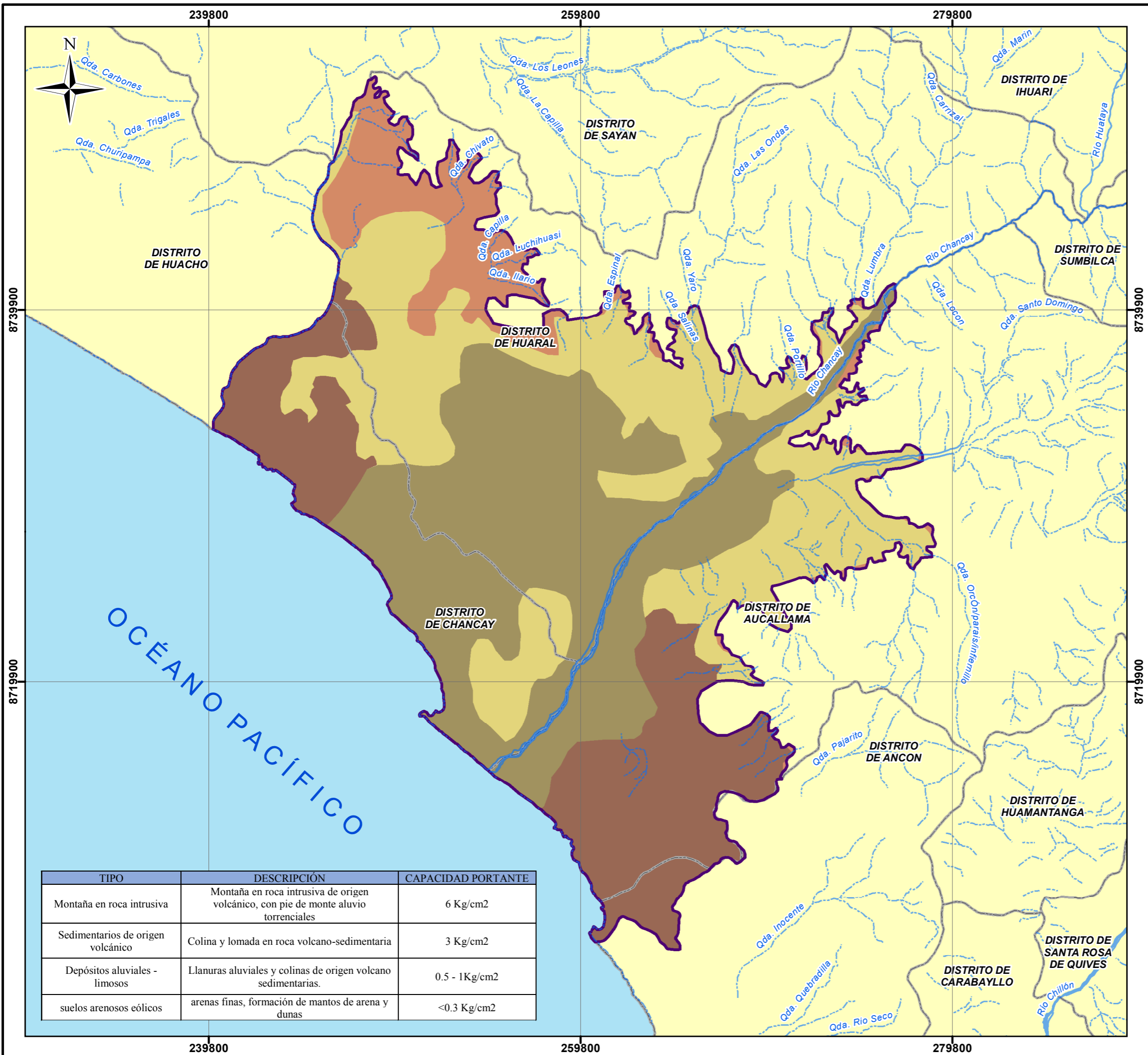
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°43.

Tabla 43

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable geotecnia

IC	0.004
RC	0.005

Fuente: Elaboración Propia

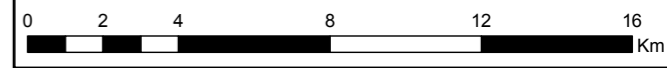


TIPO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD PORTANTE
Montaña en roca intrusiva	Montaña en roca intrusiva de origen volcánico, con pie de monte aluvio torrenciales	6 Kg/cm ²
Sedimentarios de origen volcánico	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	3 Kg/cm ²
Depósitos aluviales - limosos	Llanuras aluviales y colinas de origen volcano sedimentarias.	0.5 - 1Kg/cm ²
suelos arenosos eólicos	arenas finas, formación de mantos de arena y dunas	<0.3 Kg/cm ²

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Capacidad de carga del suelo

- 6 Kg/cm²
- 3 Kg/cm²
- 0.5 - 1Kg/cm²
- <0.3 Kg/cm²

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

GEOTÉCNIA

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez
 Fecha: Marzo del 2019
 Mapa N°: 07

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

e) Desarrollo de información geoespacial para la variable geología.

La geología es importante en estudios sobre temas de ordenamiento territorial, porque nos ayuda a determinar las características litológicas, dentro de las cuales se puede observar el origen, la edad, la permeabilidad y dureza de cada una de las unidades geológicas, que son factores muy importantes a tomar en cuenta si se desea encontrar áreas óptimas para uso urbano. Estas unidades se agruparán de acuerdo a las características que tengan en común, para que puedan ser evaluadas de acuerdo a los objetivos del estudio.

La geología se obtuvo del geoservidor del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico adscrito al Ministerio de Energía y Minas, llamado GEOCATMIN, de donde se descargaron las hojas 24-i y 23-i que se encuentran a escala 1:100 000, en el ArcGIS se procedió a unir las unidades de ambas hojas con la herramienta *Merge*, y una vez homogeneizado se cortó con el área de estudio, con la herramienta *Clip* (ver figura N° 21). Obteniendo finalmente las unidades descritas y ordenadas de acuerdo a sus similitudes, y que pueden observarse en la tabla N° 44 y el Mapa N° 8.

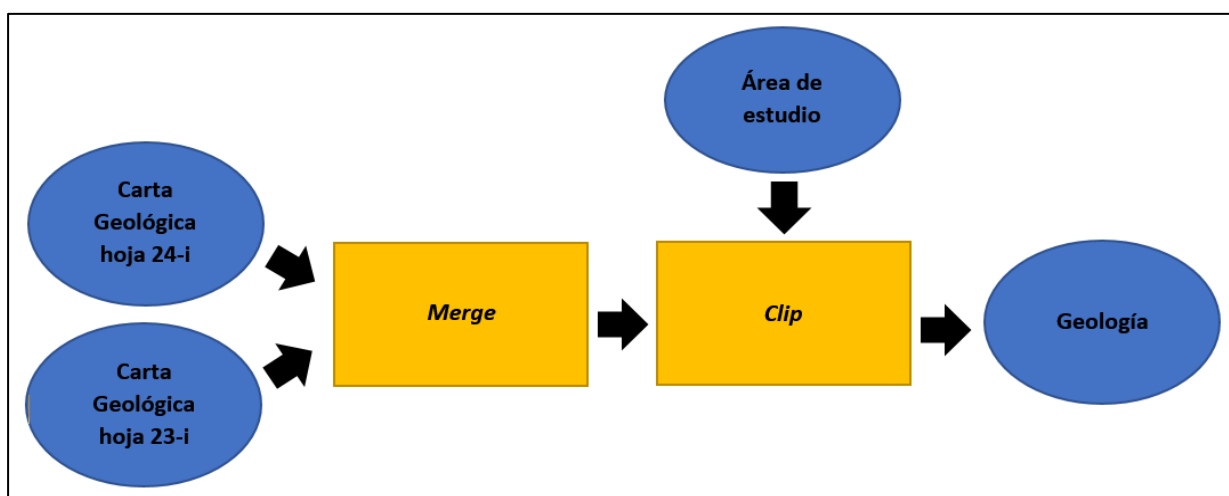


Figura 21. Modelo conceptual de la variable Geología.
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 44
Unidades geológicas

Unidades	Descripción
Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	Agrupación de rocas plutónicas e intrusivas, que se encuentran en las partes altas y lejanas al cauce del río.
Grupo Calipuy y Casma, formaciones	Afloramientos volcano-detríticos que se encuentra compuesto por andesitas, areniscas, lutitas y piroclastos.
Depósito Aluvial	Se encuentran a lo largo del cauce del río, en la llanura de inundación, que se encuentra compuesto principalmente por arenas y gravas.
Depósito eólico y marino	Se encuentran en la línea costera o litoral, conformadas por áreas llanas de arena o formación de dunas.

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET

Aplicación de análisis multicriterio en la variable geología.

En el área de estudio se encontraron muchas unidades geológicas, sin embargo, para fines didácticos y de evaluación, se agruparon todas estas unidades de acuerdo a sus características y origen, para poder realizar el proceso de una forma más ordenada y hallar los pesos de estos, en la tabla N° 45, podemos observar que la diorita, el gabro y batolitos son fuertemente más importantes, para los fines de este estudio, que los depósitos aluviales, eólicos y marinos, debido a que son rocas intrusivas de origen volcánico, mientras que las partes cercanas a la costa están formadas de mantos de arena y dunas.

Tabla 45
Matriz de comparación de pares de la variable geología

Geología	Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	Grupo Calipuy y Casma, formaciones	Depósito Aluvial	Depósito eólico y marino
Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	1.00	2.00	4.00	6.00
Grupo Calipuy y Casma, formaciones	0.50	1.00	2.00	5.00
Depósito Aluvial	0.25	0.50	1.00	3.00
Depósito eólico y marino	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.92	3.70	7.33	15.00
1/SUMA	0.52	0.27	0.14	0.07

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor geología.

Tabla 46

Matriz de normalización de pares de la variable geología

Geología	Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	Grupo Calipuy y Casma, formaciones	Depósito Aluvial	Depósito eólico y marino	Vector Priorización
Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	0.522	0.541	0.545	0.400	0.502
Grupo Calipuy y Casma, formaciones	0.261	0.270	0.273	0.333	0.284
Depósito Aluvial	0.130	0.135	0.136	0.200	0.150
Depósito eólico y marino	0.087	0.054	0.045	0.067	0.063

Fuente: Elaboración Propia

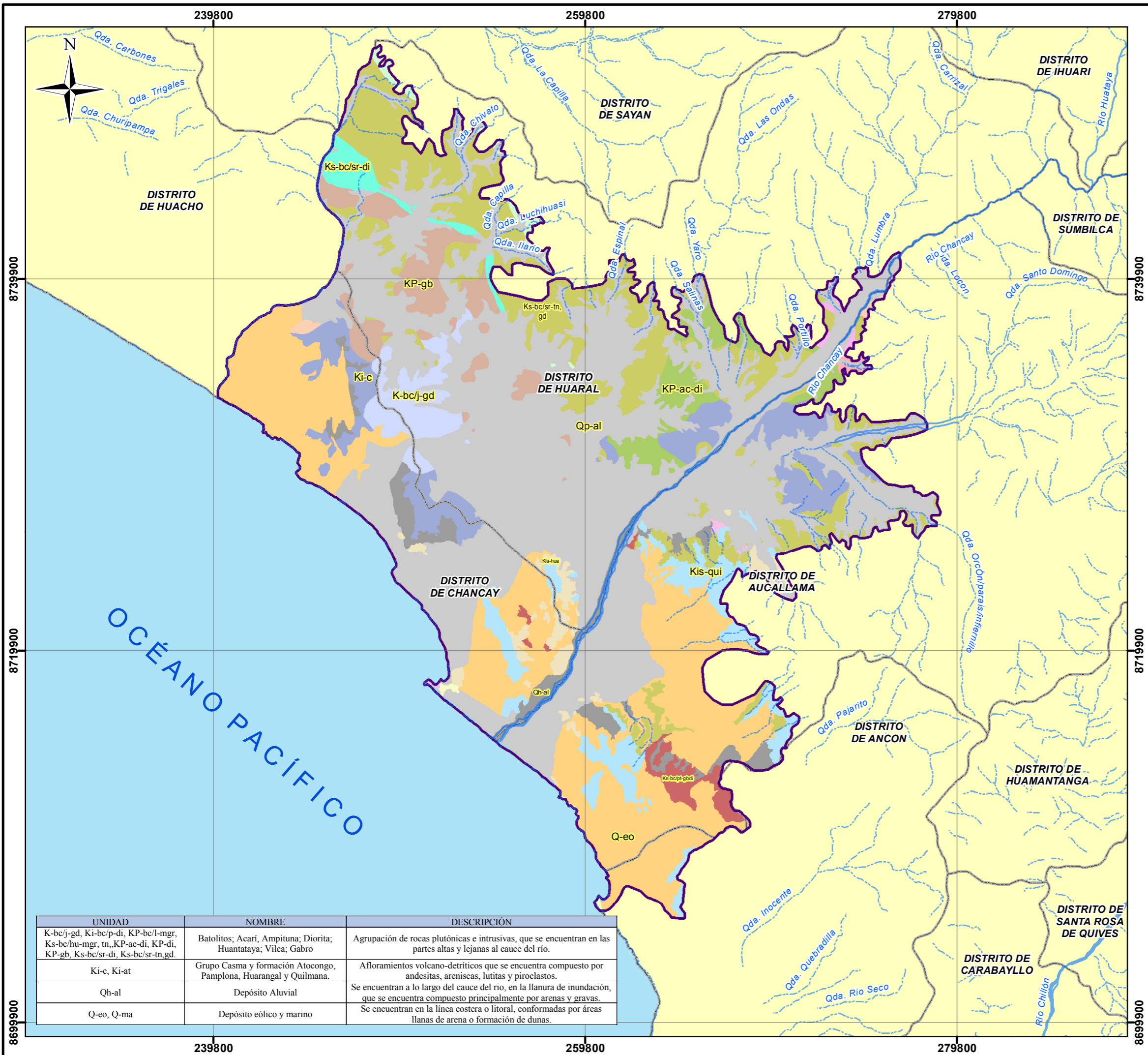
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°47.

Tabla 47

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable geología

IC	0.016
RC	0.019

Fuente: Elaboración Propia



UNIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
K-bc/j-gd, Ki-bc/p-di, KP-bc/l-mgr, Ks-bc/hu-mgr, tn, KP-ac-di, KP-di, KP-gb, Ks-bc/sr-di, Ks-bc/sr-tn, gd.	Batolitos; Acarí, Ampituna; Diorita; Huantataya; Vilca; Gabro	Agrupación de rocas plutónicas e intrusivas, que se encuentran en las partes altas y lejanas al cauce del río.
Ki-c, Ki-at	Grupo Casma y formación Atocongo, Pamplona, Huarangal y Quilmana.	Afloramientos volcano-detriticos que se encuentra compuesto por andesitas, areniscas, lutitas y piroclastos.
Qh-al	Depósito Aluvial	Se encuentran a lo largo del cauce del río, en la llanura de inundación, que se encuentra compuesto principalmente por arenas y gravas.
Q-eo, Q-ma	Depósito eólico y marino	Se encuentran en la línea costera o litoral, conformadas por áreas llanas de arena o formación de dunas.

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
 - Río
 - Qda. Seca
 - Vía Asfaltada
 - Vía Afirmada
 - Trocha
 - Área de estudio
 - Límite Distrital
 - Océano Pacífico
- Geología**
- K-bc/j-gd
 - KP-ac-di
 - KP-bc/l-mgr
 - KP-di
 - KP-gb
 - Ki-at
 - Ki-bc/p-di,tn
 - Ki-c
 - Ki-pa
 - Kis-hua
 - Kis-qui
 - Ks-bc/hu-mgr
 - Ks-bc/p-tn,di
 - Ks-bc/pt-gbdi
 - Ks-bc/sr-di
 - Ks-bc/sr-tn,gd
 - Q-eo
 - Q-ma
 - Qh-al
 - Qp-al

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

GEOLOGÍA

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 08
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

f) Desarrollo de información geoespacial para la variable geomorfología.

Las unidades paisajísticas y formas del relieve, están relacionados con los riesgos naturales, pues de acuerdo al relieve se pueden definir zonas de inundación, de altas pendientes, zonas de derrumbe, áreas llanas, etc.

La información vectorial de geomorfología se encuentra en el geoservidor del Ministerio de Energía y Minas, llamado GEOCATMIN, y se encuentra unificada de todo el Perú a una escala 1:250 000, el cual se descarga en formato PDF, y en software ArcGIS se georreferencia con la herramienta *Georeferencing*, se digitaliza con *Editor* solo el área de estudio y se agregan dos campos (Unidad y descripción) con la herramienta *Add field* (Ver figura N° 22). Finalmente se utilizará la información sin realizar alguna modificación y se agrupa de acuerdo a sus características (Tabla N° 48), para posteriormente ser corroborada en las salidas de campo. Ver Mapa N° 9.

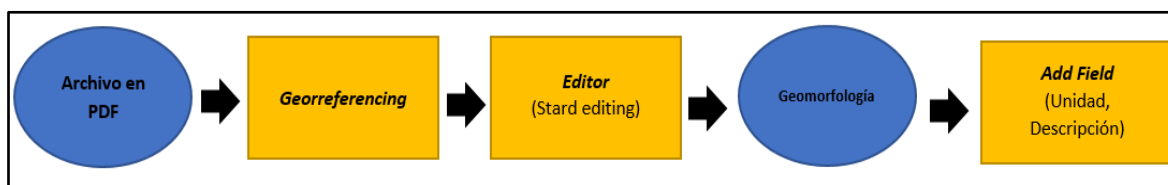


Figura 22. Modelo conceptual de la variable Geomorfología
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 48

Unidades geomorfológicas

Unidades	Descripción
RM-ri, RM-rv, RM-rvs	Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcano-sedimentaria.
RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	Colina y lomada en roca intrusiva, Colina y lomada en roca volcánica, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria.
Pl-at	Llanura o planicie aluvial
C-d, Dan, F-l, M-a	Campo de dunas, Depósito antrópico, Faja litoral y Mantos de arena.
P-at, Ti, V-cd	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, Terraza indiferenciada, Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET

Aplicación de análisis multicriterio en la variable geomorfología.

Las unidades geomorfológicas que predominan en el área de estudio son RM-ri, RM-rv, RM-rvs, en las partes altas y montañosas, mientras en la parte baja cercana a la costa predominan, los mantos de arena, dunas, depósitos marinos y aluviales.

Para poder lograr los objetivos este estudio, se agruparon las unidades geomorfológicas de acuerdo con sus características similares, dando mayor prioridad a las formaciones de origen volcánico en rocas intrusivas y montañas con formación de suelos sedimentarios, y colocando finalmente con menor prioridad a las unidades que se encuentran conformadas por arenas finas y depósitos. Ver Tabla N° 49.

Tabla 49

Matriz de comparación de pares de la variable geomorfología

Geomorfología	Pl-al	RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	C-d, Dan, F-l, M-a	P-at, Ti, V-cd	RM-ri, RM-rv, RM-rvs
Pl-al	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
C-d, Dan, F-l, M-a	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
P-at, Ti, V-cd	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
RM-ri, RM-rv, RM-rvs	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.13	4.00	6.83	12.50	20.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor geomorfología.

Tabla 50

Matriz de normalización de pares de la variable geomorfología

Geomorfología	Pl-al	RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	C-d, Dan, F-l, M-a	P-at, Ti, V-cd	RM-ri, RM- rv, RM-rvs	Vector Priorización
Pl-al	0.471	0.500	0.439	0.480	0.400	0.458
RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	0.235	0.250	0.293	0.240	0.300	0.264
C-d, Dan, F-l, M-a	0.157	0.125	0.146	0.160	0.150	0.148
P-at, Ti, V-cd	0.078	0.083	0.073	0.080	0.100	0.083
RM-ri, RM-rv, RM-rvs	0.059	0.042	0.049	0.040	0.050	0.048

Fuente: Elaboración Propia

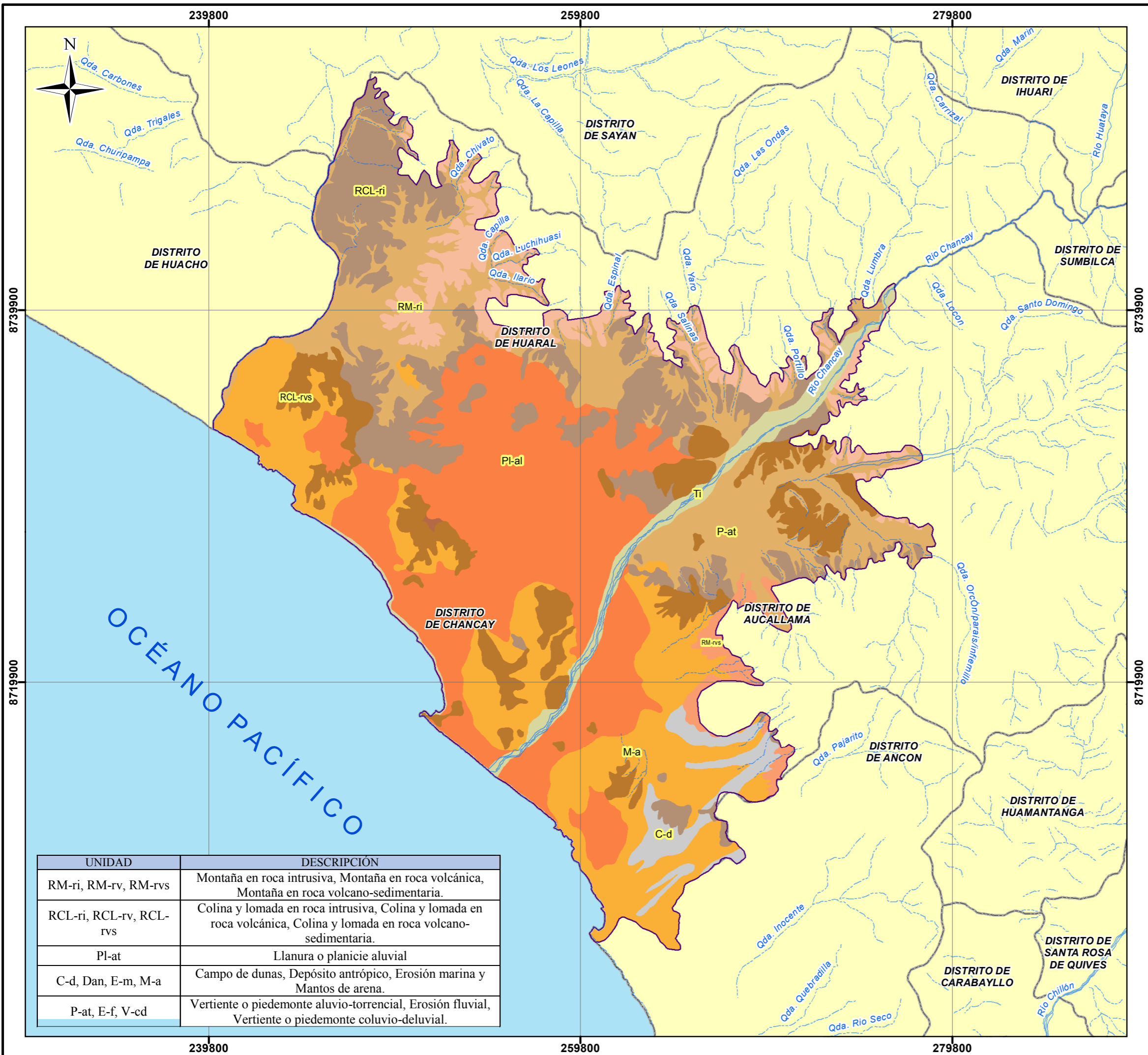
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 51.

Tabla 51

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de la variable geomorfología

IC	0.006
RC	0.005

Fuente: Elaboración Propia

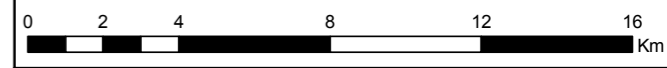


UNIDAD	DESCRIPCIÓN
RM-ri, RM-rv, RM-rvs	Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcano-sedimentaria.
RCL-ri, RCL-rv, RCL-rvs	Colina y lomada en roca intrusiva, Colina y lomada en roca volcánica, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria.
Pl-at	Llanura o planicie aluvial
C-d, Dan, E-m, M-a	Campo de dunas, Depósito antrópico, Erosión marina y Mantos de arena.
P-at, E-f, V-cd	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, Erosión fluvial, Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
 - Río
 - Qda. Seca
 - Vía Asfaltada
 - Vía Afirmada
 - Trocha
 - Área de estudio
 - Límite Distrital
 - Océano Pacífico
- Geomorfología**
- C-d
 - Dan
 - P-at
 - Pl-al
 - RCL-ri
 - RM-ri
 - RM-rvs
 - RCL-rvs
- Procesos Geomorfológicos**
- E-m
 - E-f
 - M-a

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

GEOMORFOLOGÍA

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez
 Fecha: Marzo del 2019
 Mapa N°: 09

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

- **Procedimiento geoespacial para el desarrollo de la variable final física.**

El primer paso será crear dos campos en cada variable, el primero será para colocar el peso de la variable y el segundo para calcular el peso de cada uno de los descriptores de la variable. Abrimos la tabla de atributos de cada vector y con la herramienta “*Add Field*” procedemos a agregar los campos de tipo “*Double*”, el cual es para agregar valores numéricos; seguidamente de este paso daremos click derecho al campo del peso del parámetro y seleccionaremos “*Field calculator*”, y colocaremos el peso correspondiente para la variable; antes de rellenar los valores del campo de peso de los descriptores, utilizaremos la herramienta “*Select By Attributes*”, de esta forma será más sencillo colocar los valores, ya que una vez seleccionados nuevamente con “*Field Calculator*” rellenamos los pesos correspondientes.

Una vez terminado de rellenar la tabla de cada vector, procedemos a realizar la intersección, podemos entrar al Arctoolbox > Analysis Tools > Overlay > Intersect o ingresar el nombre de la herramienta en el buscador “*Source*”, damos click e introducimos las variables del factor físico, y al vector resultante le daremos el nombre de “factor físico”, y crearemos nuevamente dos campos tipo “*Double*”, uno para el peso del factor físico, cuando se intercepte con el factor de peligrosidad y el otro para el cálculo de las variables interceptadas el cual será de acuerdo a la fórmula de la suma lineal ponderada que se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Valores F. Físico: } (P. \text{ Geotecnia} * P. \text{ descrip_geotec}) + (P. \text{ Pendiente} * P. \text{ descrip_Pend}) + (P. \text{ Suelos} * P. \text{ descrip_suelos}) + (P. \text{ CUM} * P. \text{ descrip_CUM}) + (P. \text{ Geomorfología} * P. \text{ descrip_geom}) + (P. \text{ Geología} * P. \text{ descrip_geol})$$

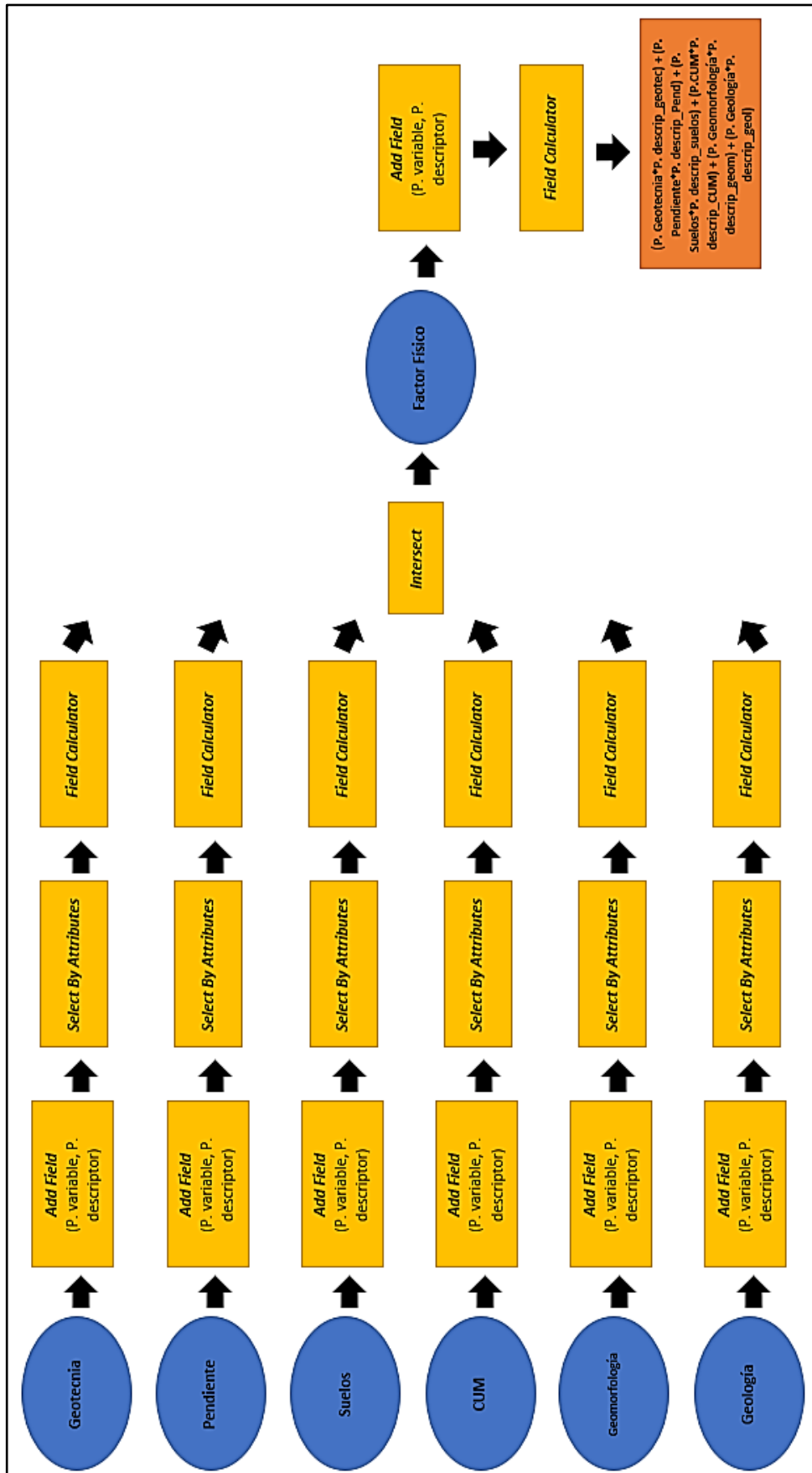


Figura N° 23. Modelo conceptual del proceso del factor físico (Fuente: Elaboración propia)

Cálculo de pesos de los factores físicos

En la tabla N° 52, se puede apreciar que se colocó a suelo ligeramente más importante frente a las demás variables, debido a que se observó que todas ellas son muy importantes en temas de expansión urbana, por lo tanto, se colocaron valores correlativos. De esta manera los pesos de las variables no difieren mucho una de otra.

Tabla 52

Matriz de comparación de pares de los factores físicos

PARAMETRO	Suelo	CUM	Pendiente	Geotecnia	Geología	Geomorfología
Suelo	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
CUM	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Pendiente	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000
Geotecnia	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Geología	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
Geomorfología	0.167	0.200	0.250	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.450	4.283	7.083	10.833	15.500	21.000
1/SUMA	0.408	0.233	0.141	0.092	0.065	0.048

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados de las variables del factor físico.

Tabla 53

Matriz de normalización de pares de los factores físicos

PARAMETRO	Suelo	CUM	Pendiente	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Vector Priorización
Suelo	0.408	0.467	0.424	0.369	0.323	0.286	0.379
CUM	0.204	0.233	0.282	0.277	0.258	0.238	0.249
Pendiente	0.136	0.117	0.141	0.185	0.194	0.190	0.160
Geotecnia	0.102	0.078	0.071	0.092	0.129	0.143	0.102
Geología	0.082	0.058	0.047	0.046	0.065	0.095	0.065
Geomorfología	0.068	0.047	0.035	0.031	0.032	0.048	0.043

Fuente: Elaboración Propia

Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 54.

Tabla 54
Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores físicos

IC	0.025
RC	0.020

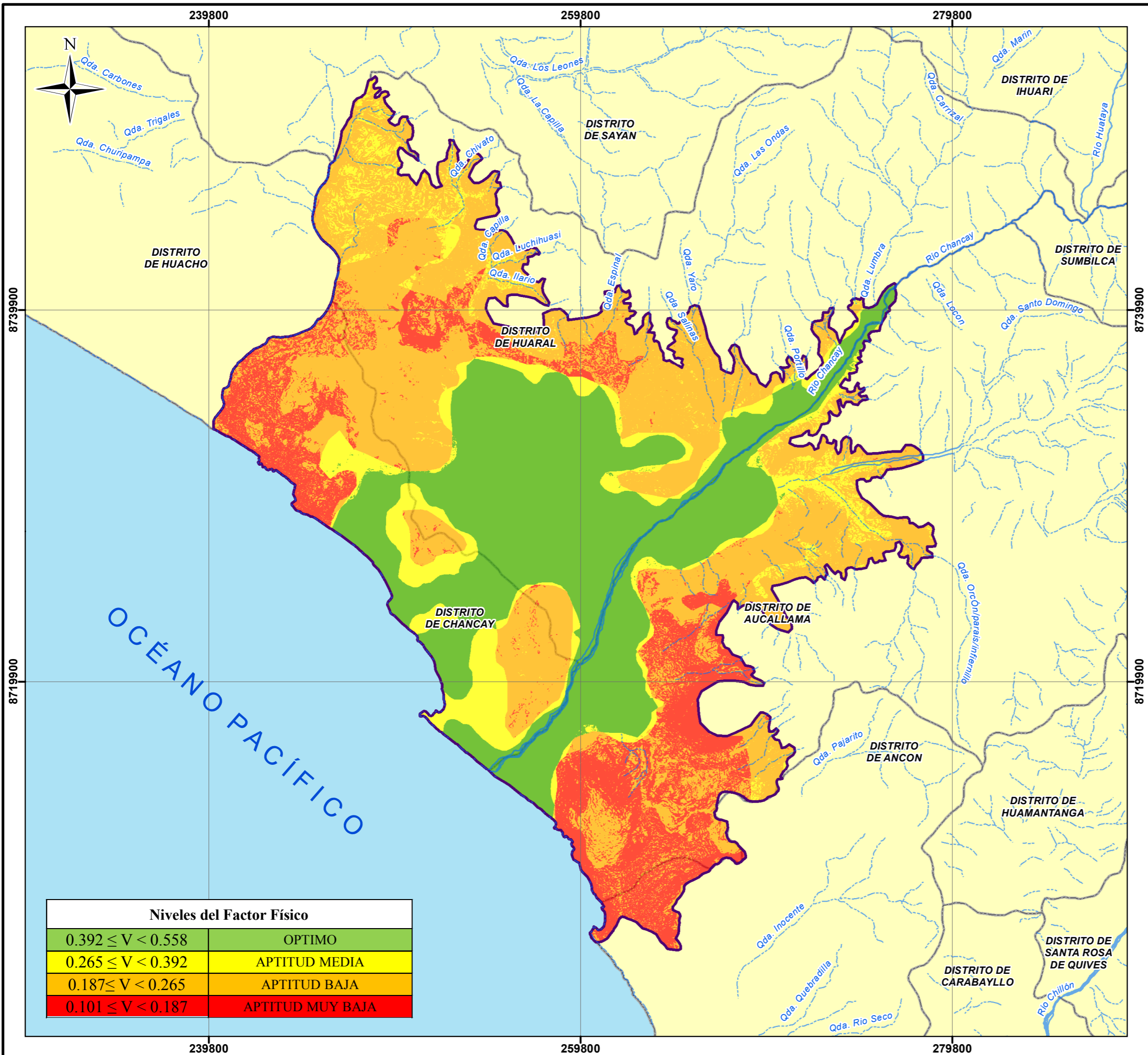
Fuente: Elaboración Propia

Y con el cálculo de los pesos para cada variable y los pesos de sus descriptores, se aplicará la suma lineal ponderada, que nos dará niveles para factores físicos del terreno, respecto a expansión territorial que se aprecian en la tabla N° 55, y se pueden visualizar en el Mapa N° 10 de Factores físicos.

Tabla 55
Niveles de Factores físicos

Niveles de factores físicos	
$0.392 \leq V < 0.558$	OPTIMO
$0.265 \leq V < 0.392$	APTITUD MEDIA
$0.187 \leq V < 0.265$	APTITUD BAJA
$0.101 \leq V < 0.187$	APTITUD MUY BAJA

Fuente: Elaboración Propia

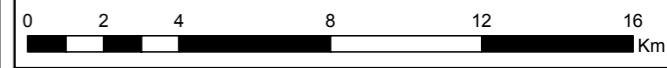


Niveles del Factor Físico	
$0.392 \leq V < 0.558$	OPTIMO
$0.265 \leq V < 0.392$	APTITUD MEDIA
$0.187 \leq V < 0.265$	APTITUD BAJA
$0.101 \leq V < 0.187$	APTITUD MUY BAJA

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Niveles del Factor Físico

- OPTIMO
- APTITUD MEDIA
- APTITUD BAJA
- APTITUD MUY BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

NIVELES DEL FACTOR FÍSICO

Elaborado por:	Fecha:	Mapa N°:
Julio C. Cruz Fernandez	Marzo del 2019	10

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

4.3.2. Análisis de los Factores de Peligrosidad del Territorio

Los factores de peligrosidad se toman en cuenta debido a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural y/o inducido por el hombre es potencialmente dañino para una localidad o área conocida, por lo que se consideró para la investigación gracias a la información encontrada en la etapa de recopilación de información. Se recomienda adjuntar toda información técnica que sustente los estudios que sean considerados en el factor de peligrosidad.

a) Desarrollo de información geoespacial para la variable de peligro por inundación.

Las áreas o zonas expuestas a inundación, son zonas inhabitables sin embargo actualmente, existen asentamientos de viviendas sobre estas; la importancia de esta variable tiene que ver con la planificación, ya que permite conocer la peligrosidad existente en un ámbito de estudio.

La variable de peligro por inundación de esta investigación se tomó del estudio de Riesgos de la Provincia y ciudad de Huaral, que fue elaborado por la Municipalidad Provincial de Huaral (2009), el cual tomo esta variable del Ministerio del Ambiente, de esta variable se tomó la información sin realizar alguna modificación, ya que abarca toda el área de estudio. Para este estudio no se obtuvo los datos técnicos para lo cual se usó netamente el resultado gráfico.

Como la información se encontraba en formato PDF, se llevó a un formato vectorial (Shapefile) mediante la digitalización en software ArcGIS; con la herramienta *georeferencing*, ubicaremos espacialmente el archivo PDF de zonas de inundación y con el *Editor* digitalizaremos las áreas que se encuentran dentro de la zona de estudio. Y finalmente crearemos dos campos para el nivel y la descripción con la herramienta *Add Field*.

Se tomó como elementos de la variable la descripción de la leyenda del mapa, el cual está representado por los niveles muy bajo, bajo, medio y alto, y se le agregó una descripción a cada uno de ellos, obtenido la tabla N° 56, en base a la cual se trabajará para obtener los objetivos de este estudio. En la figura N° 24, se puede observar el modelo conceptual del proceso para la obtención de la información espacial. Ver Mapa N° 11.



Figura 24. Modelo conceptual de la variable de peligro por inundación
(Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 56

Niveles de peligro por inundación.

Nivel	Descripción
Muy Bajo	Muy poca probabilidad de inundación, se sitúa lejos del cauce del río.
Bajo	Poca probabilidad de inundación, se sitúa un poco lejos al cauce del río.
Medio	Es probable que haya inundación, se encuentra cerca a los márgenes del río.
Alto	Inundación inminente, muy cerca al cauce o en márgenes del río.

Fuente: Municipalidad Provincial de Huaral

Aplicación del análisis multicriterio en la variable peligro por inundación.

Un factor de peligrosidad en temas de expansión urbana en las partes bajas de las cuencas, son precisamente las inundaciones, estas a su vez se encuentran ligadas a la pendiente, debido a que las áreas de terrenos llanos y poco ondulados que se encuentran cercanas a la faja marginal de los ríos son muy propensas a ser inundadas y nos son aptas para el asentamiento de viviendas.

En la tabla N° 57 se puede apreciar que se dio mayor prioridad a las zonas que tienen probabilidades de inundación bajas, debido a que son las más aptas, frente a las zonas de

inundación altas, y a su vez se colocó un valor de 3 (moderadamente importante) al nivel de inundación medio, ya que son poco frecuentes y en el área de estudio se observan que las áreas con estas categorizaciones son de pendiente un poco moderada.

Tabla 57

Matriz de comparación de pares de la variable peligro por inundación

P. Inundación	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Muy Bajo	1.00	2.00	3.00	8.00
Bajo	0.50	1.00	2.00	3.00
Medio	0.33	0.50	1.00	2.00
Alto	0.13	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.96	3.83	6.50	14.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.15	0.07

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor limitante peligro por inundación.

Tabla 58

Matriz de normalización de pares de la variable peligro por inundación

P. Inundación	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	V. Priorización
Muy Bajo	0.511	0.522	0.462	0.571	0.516
Bajo	0.255	0.261	0.308	0.214	0.260
Medio	0.170	0.130	0.154	0.143	0.149
Alto	0.064	0.087	0.077	0.071	0.075

Fuente: Elaboración Propia

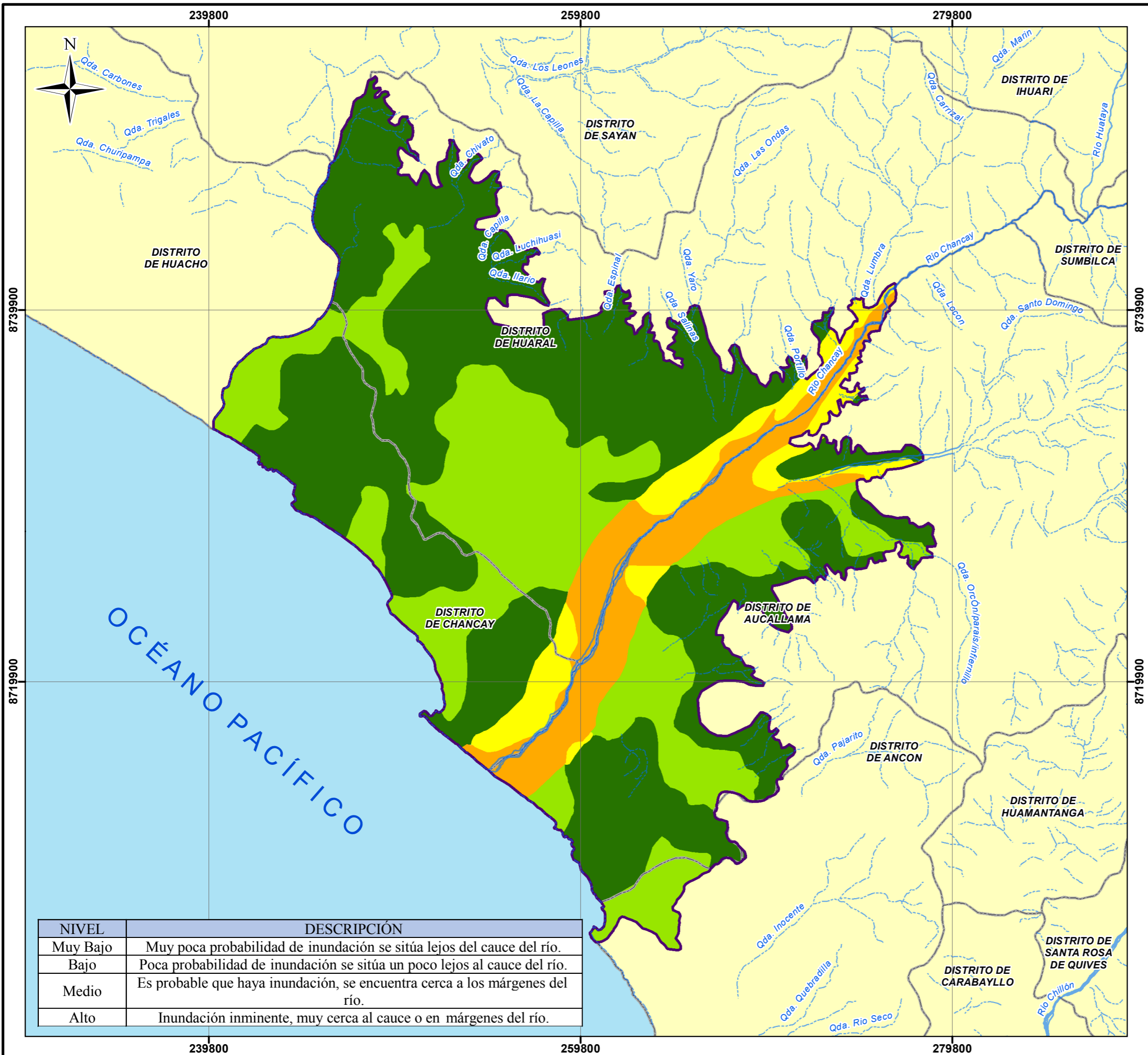
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 59.

Tabla 59

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el factor peligro por inundación

IC	0.007
RC	0.008

Fuente: Elaboración Propia

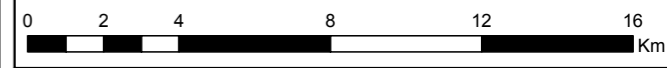


NIVEL	DESCRIPCIÓN
Muy Bajo	Muy poca probabilidad de inundación se sitúa lejos del cauce del río.
Bajo	Poca probabilidad de inundación se sitúa un poco lejos al cauce del río.
Medio	Es probable que haya inundación, se encuentra cerca a los márgenes del río.
Alto	Inundación inminente, muy cerca al cauce o en márgenes del río.

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

- Niveles de peligrosidad por inundación**
- ALTO
 - MEDIO
 - BAJO
 - MUY BAJO

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

ÁREAS DE INUNDACIÓN

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 11
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

b) Desarrollo de información geoespacial para la variable fallas geológicas.

Las fallas geológicas pueden provocar colapso de la tierras o deslizamientos, en caso estén edificadas viviendas sobre estas o muy próximas, pueden colapsar, lo cual genera un peligro latente y por ello es importante tomarla en cuenta en estudios relacionados a la planificación del territorio para futuras ciudades o asentamientos humanos.

En el área de estudio se pudo observar la presencia de fallas, gracias a la información que se pudo descargar del geo servidor GEOCATMIN, que se encuentra administrado por el Ministerio de Energía y Minas, para el área de estudio se descargó la hoja 24-i y 23-i, y en software ArcGIS, se recortó solo las fallas que corresponden al área de estudio con la herramienta *Clip* y se unieron con *Merge*, como se observa en la figura N° 25.

Para poder evaluar las áreas optimas en función a las fallas, se tomó el criterio de las distancias, tomando en cuenta que las distancias más cercanas a las fallas son áreas no recomendables para el asentamiento de viviendas. Con la herramienta *Buffer*, se crearon las distancias a las fallas y estas se pueden visualizar en la tabla N° 60, donde se agregó dos campos con *Add field*, para poder agregar una pequeña descripción a cada una de ellas, y sobre las cuales se trabajará.

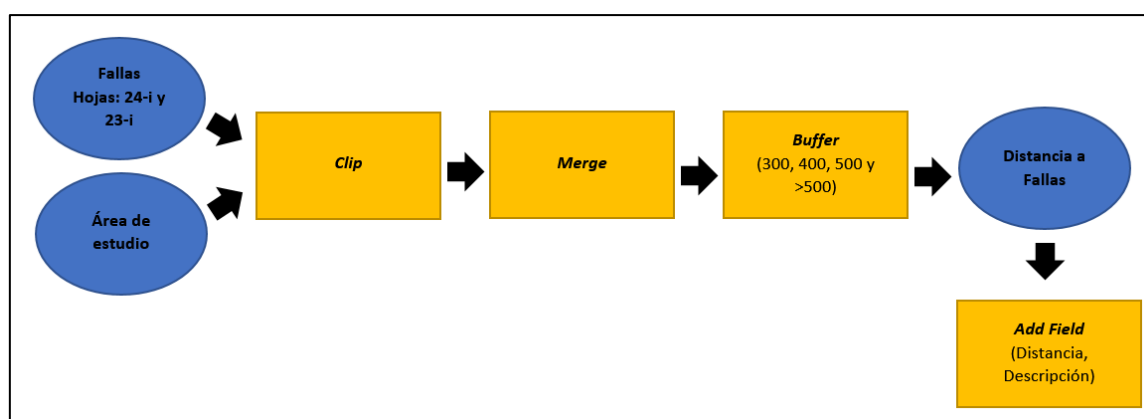


Figura 25. Modelo conceptual de la variable Fallas Geológicas.
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 60

Distancia a fallas geológicas

Distancia	Descripción
> 500	Muy lejos de la falla
401 - 500	Un poco lejos de la falla
301- 400	Casi cerca de la falla
0-300	Cerca o sobre la falla

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable fallas geológicas.

Este factor limitante está presente mayormente en la zona sur y este del área estudio lo que la hace importante para el proceso de planificación del territorio. Según el “Manual sobre el manejo de Peligros Naturales en la Planificación” de la Organización de los Estados Americanos – OEA, los daños graves usualmente están restringidos a una zona angosta, de hasta unos 300 metros de ancho a lo largo de la falla. Bajo este criterio se le determino un valor de 8 a las áreas mayores a 500 metros de distancia a la falla frente a las áreas menores a 300 metros de la falla. Ver tabla N° 61.

Tabla 61

Matriz de comparación de pares de la variable distancia a falla geológica

Dist. a falla geológica (m.)	> 500	401 - 500	401 - 300	0-300
> 500	1.00	3.00	5.00	8.00
401 - 500	0.33	1.00	2.00	5.00
301- 400	0.20	0.50	1.00	2.00
0 - 300	0.13	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.66	4.70	8.50	16.00
1/SUMA	0.60	0.21	0.12	0.06

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 62), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o

elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados de la variable distancia a fallas geológicas.

Tabla 62

Matriz de normalización de pares de la variable distancia a falla geológica

Dist. a fallas geológica	> 500	401 - 500	401 - 300	0 - 300	Vector Priorización
> 500	0.603	0.638	0.588	0.500	0.582
401 - 500	0.201	0.213	0.235	0.313	0.240
301- 400	0.121	0.106	0.118	0.125	0.117
0-300	0.075	0.043	0.059	0.063	0.060

Fuente: Elaboración Propia

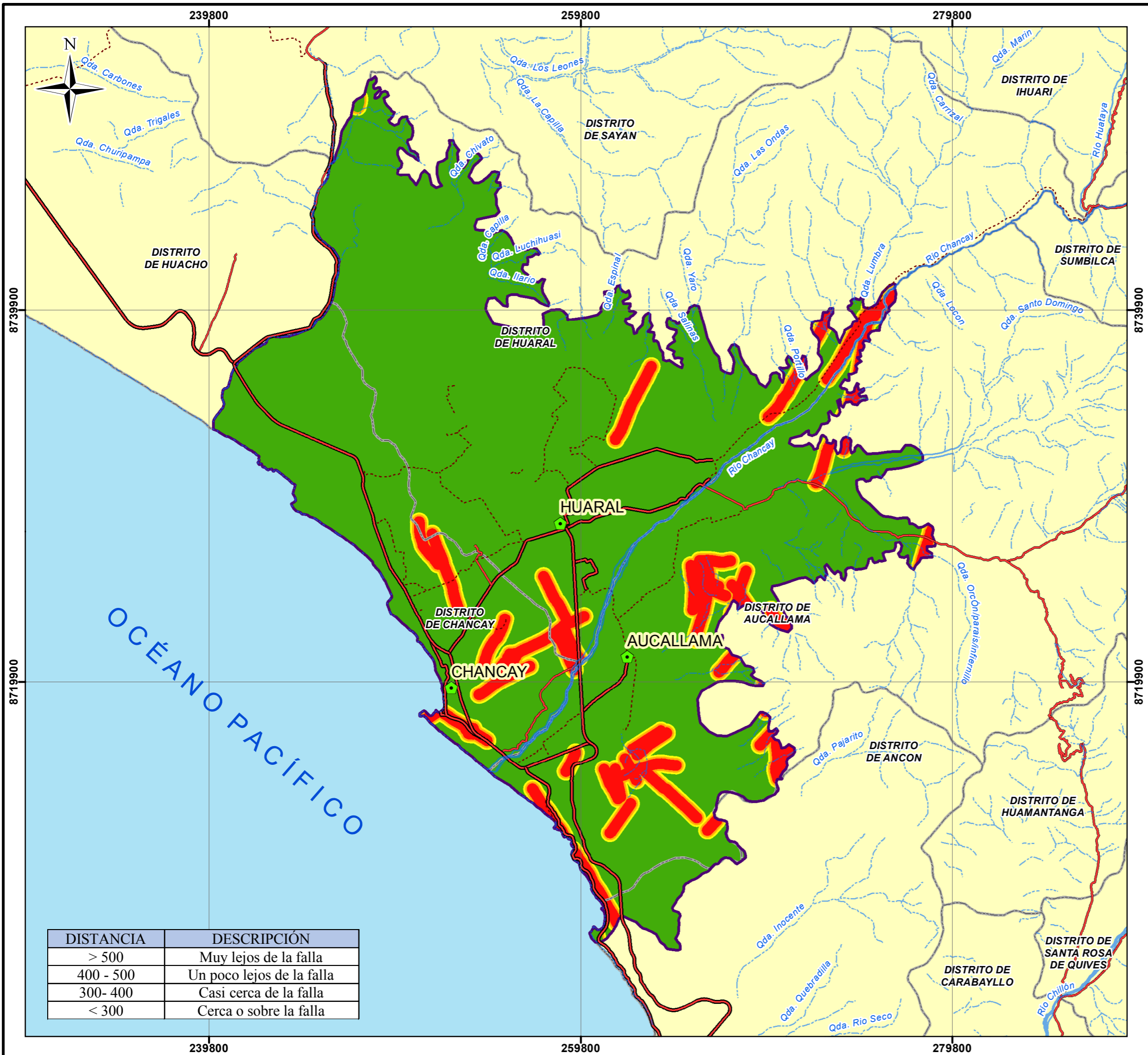
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°63.

Tabla 63

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para la variable distancia a falla geológica

IC	0.011
RC	0.013

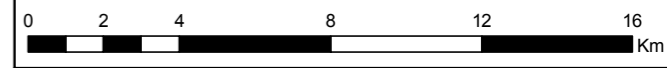
Fuente: Elaboración Propia



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Distancia a fallas geológicas

- > 500
- 401-500
- 300-400
- < 300

DISTANCIA	DESCRIPCIÓN
> 500	Muy lejos de la falla
400 - 500	Un poco lejos de la falla
300- 400	Casi cerca de la falla
< 300	Cerca o sobre la falla

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

FALLAS GEOLÓGICAS

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 12
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

- **Procedimiento para el cálculo de los Factores de Peligrosidad.**

El procedimiento que se realiza en el software ArcGIS es la intercepción de las variables de peligrosidad del terreno, una vez calculado los pesos para cada uno de los descriptores de las variables y terminado de editar los vectores.

El primer paso será crear dos campos en cada variable, el primero será para colocar el peso de la variable y el segundo para calcular el peso de cada uno de los descriptores de la variable. Abrimos la tabla de atributos de cada vector (Peligro por inundación y Distancia a fallas geológicas) y con la herramienta “*Add Field*” procedemos a agregar los campos de tipo “*Double*”, el cual es para agregar valores numéricos; seguidamente de este paso daremos click derecho al campo del peso del parámetro y seleccionaremos “*Field calculator*”, y colocaremos el peso correspondiente para la variable, debido a que solo son dos variables, no se puede realizar un AHP a una matriz de dos entradas ya que siempre es consistente, por lo tanto se asignó de acuerdo a los criterios obtenidos para la elaboración de este tema; antes de rellenar los valores del campo de peso de los descriptores, utilizaremos la herramienta “*Select By Attributes*”, para colocar de manera efectiva los valores con “*Field Calculator*”. En la figura N° 26 se observa el modelo conceptual del proceso descrito.

Una vez terminado de rellenar la tabla de los dos vectores, procedemos a realizar la intercepción, podemos entrar al Arctoolbox > Analysis Tools > Overlay > Intersect o ingresar el nombre de la herramienta en el buscador “*Source*”, damos click e introducimos las variables del factor de peligrosidad, y al vector resultante le daremos el nombre de “factor de peligrosidad”, y crearemos nuevamente dos campos tipo “*Double*”, uno para el peso del factor

de peligrosidad, cuando se intercepte con el factor físico y el otro para el cálculo de las variables interceptadas el cual será de acuerdo a la fórmula de suma lineal ponderada:

$$\text{Valores F. de Peligrosidad: } (P. \text{ peligro_inundacion} * P. \text{ descrip_p_inund}) + (P. \text{ distancia_fallas} * P. \text{ descrip_d_fallas})$$

Debido a que se está evaluando el factor peligrosidad en base a dos variables, no es necesario realizar un Proceso de Análisis Jerárquico para obtener sus pesos, si no que se asigna valores aplicando los criterios sobre el tema de investigación.

Y con la asignación de los pesos a cada variable y los pesos de sus descriptores, se aplicará la suma lineal ponderada, que nos dará niveles de peligrosidad, que se aprecian en la Tabla N° 64, y se pueden visualizar en el Mapa N° 13 de Factores de peligrosidad.

Tabla 64
Niveles de Factor de peligrosidad

Niveles de factor de peligrosidad	
$0.254 \leq V < 0.536$	OPTIMO
$0.197 \leq V < 0.254$	APTITUD MEDIA
$0.140 \leq V < 0.197$	APTITUD BAJA
$0.070 \leq V < 0.140$	APTITUD MUY BAJA

Fuente: Elaboración Propia

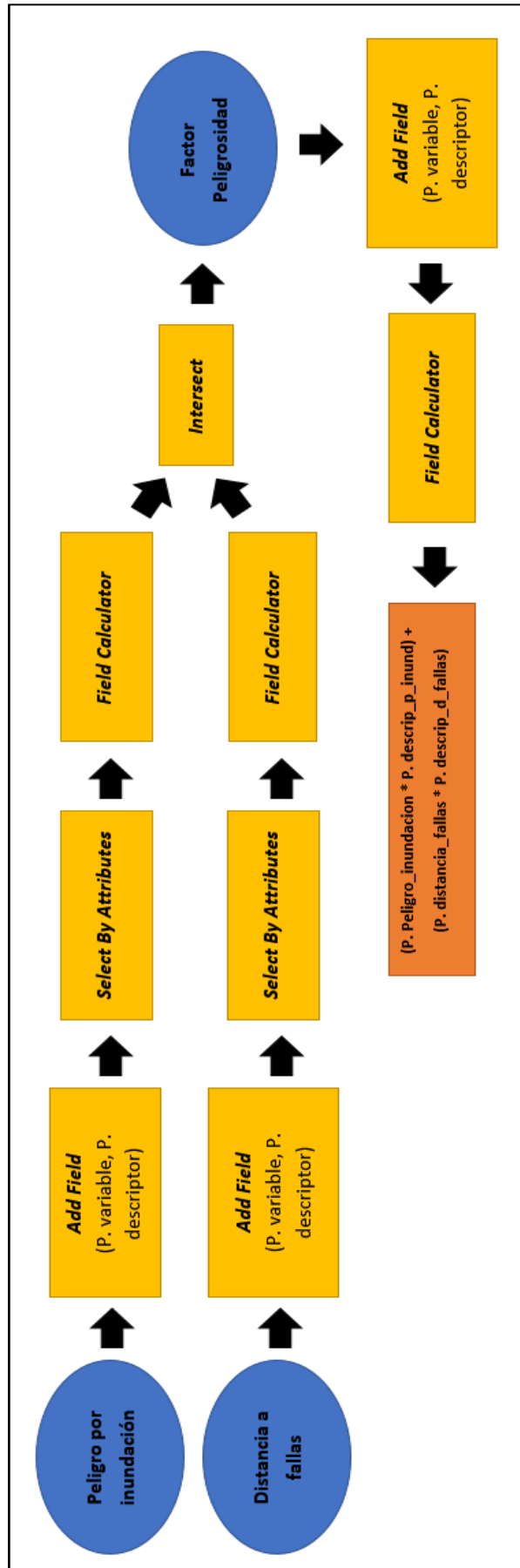
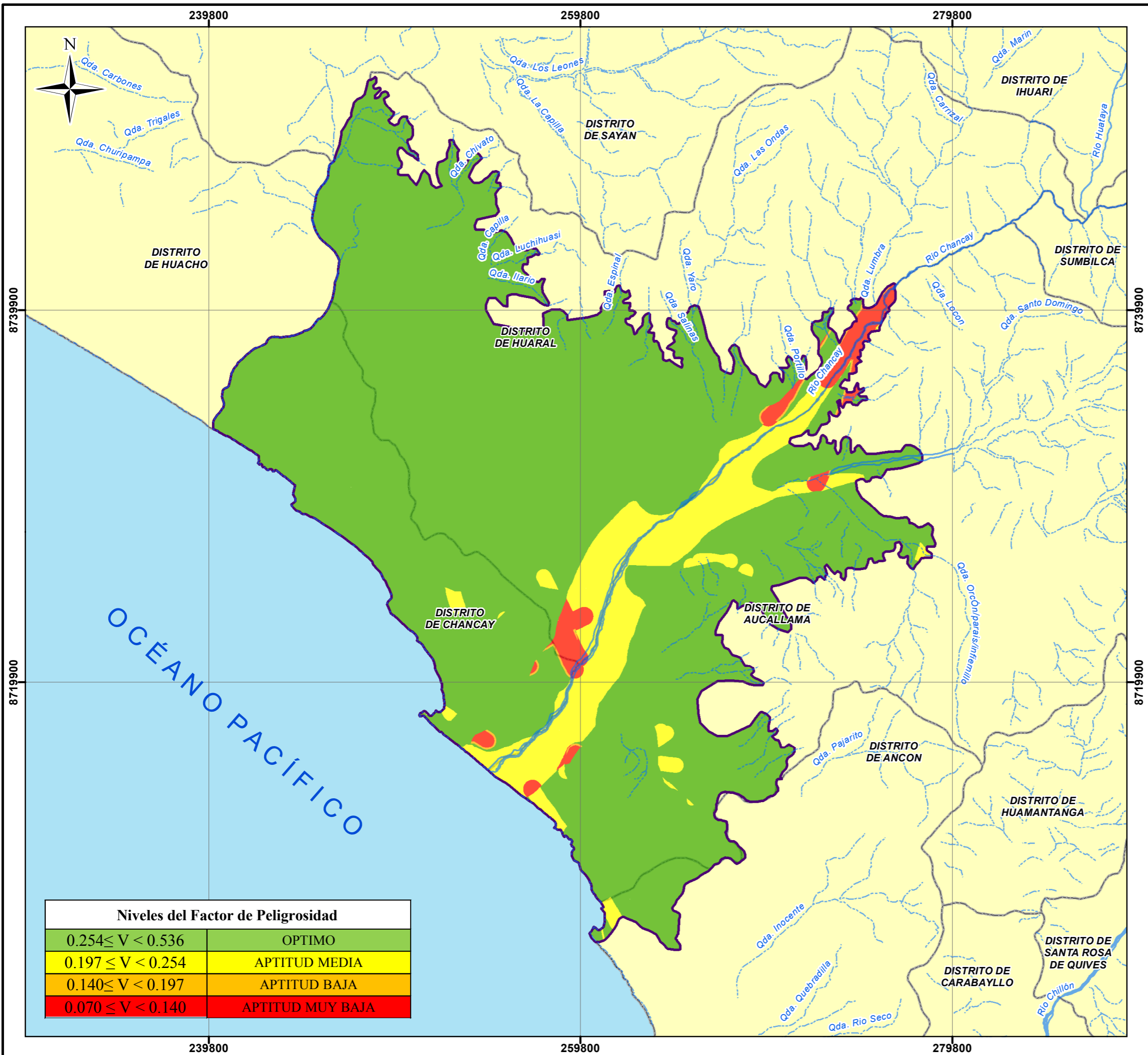


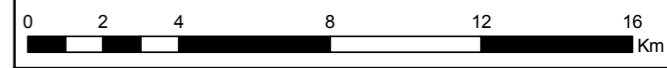
Figura N° 26. Modelo conceptual del proceso del factor de peligrosidad (Fuente: Elaboración propia)



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Niveles del Factor de Peligrosidad

- OPTIMO
- APTITUD MEDIA
- APTITUD BAJA
- APTITUD MUY BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

NIVELES DEL FACTOR DE PELIGROSIDAD

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 13
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

4.3.3. Análisis de los Factores de Infraestructura de Servicios

Este factor se entiende por infraestructura al conjunto de espacios, edificaciones o conducciones existentes destinados a comunicar, abastecer y/o relacionar las distintas partes urbanas del territorio entre sí y las consideradas en la presente investigación son aquellas que se entienden como mínimas para urbanizar un determinado suelo, el criterio considerado es la cercanía o proximidad a la infraestructura de servicio existente, ya que el costo de construcción o expansión será menor y conforme se aleja los costos aumentaran al punto de ser inviables. Para el análisis se tomó en cuenta la infraestructura existente cerca al perímetro y fuera de las áreas urbanas existentes.

- a) Desarrollo de la información geoespacial para red de abastecimiento de agua potable.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo 3 de cada 10 personas no tienen acceso al agua potable⁷, y la escases de está desencadena enfermedades como el cólera y la diarrea, además de la proliferación de insectos, piojos y mosquitos. El agua es elemento primordial, para la vida y el desarrollo de esta; es por ello que se toma como variable para este estudio, pues el abastecimiento de agua, está ligado al consumo diario por persona, y que esta sea de calidad y continúa.

Para fines de este estudio, se tomó la infraestructura de la red de abastecimiento de agua, para analizarla en base a distancias, esta información fue facilitada por las Empresas Municipales de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA) del área de estudio, previa solicitud; para el distrito de Aucallama se levantó en las salidas de campo, el sistema de agua potable para la ciudad se

⁷ Disponible en < <https://fandelagua.com/el-agua-potable-y-su-importancia-en-el-dia-a-dia/>>

encuentra manejado por el mismo municipio y no cubre al total del área urbana existente y de los demás centros urbanos se encuentran presididas por las Juntas Administrativas de Agua y Saneamiento (JASS) que tienen una capacidad establecida por lo que son limitadas y no se contemplan en el estudio. Una vez obtenida la información vectorial, en el software ArcGIS con la herramienta *Clip*, cortamos la información con el área de estudio, como se puede apreciar en la figura N° 27, el siguiente paso será realizar un *Buffer* para las distancias que se observan en la tabla N° 65, bajo el criterio de que mientras más alejado se encuentre de la red, es menos óptimo para emplazamiento urbano, y finalmente con *Add Field*, se crearan dos campos (distancia y descripción) para colocar los datos correspondientes. Ver Mapa N°14.

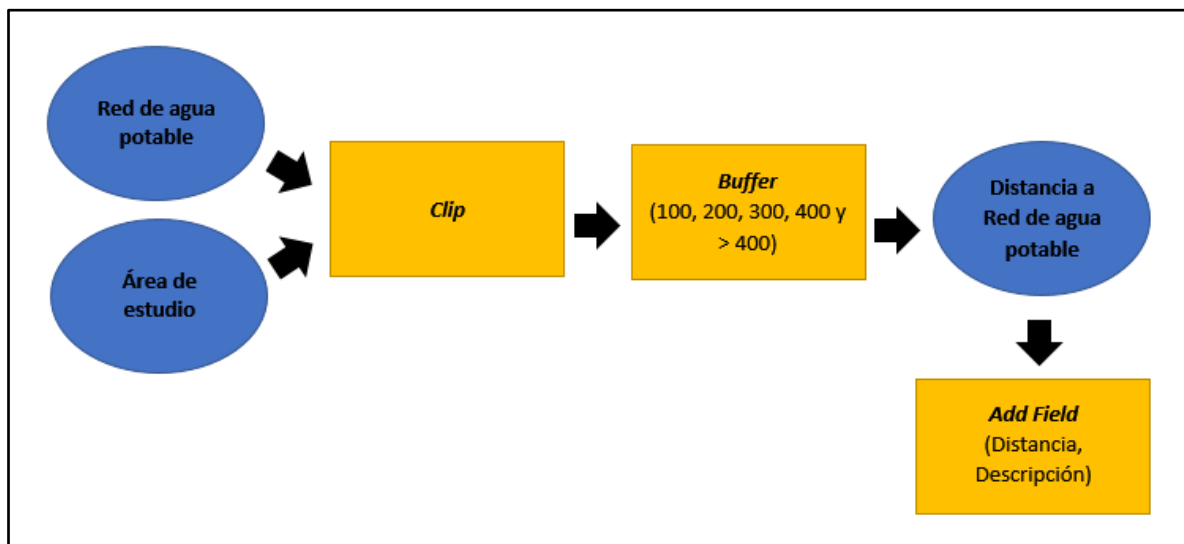


Figura 27. Modelo conceptual de la variable red de abastecimiento de agua potable (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 65

Distancia a red de abastecimiento de agua

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de abastecimiento de agua
301-400	Lejos de la red de abastecimiento de agua
201-300	Un poco lejos de la red de abastecimiento de agua
101-200	Cerca de la red de abastecimiento de agua
0-100	Muy cerca de la red de abastecimiento de agua

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable red de abastecimiento de agua potable.

Para la ponderación de los descriptores (tabla N° 66) para la red de abastecimiento de agua potable, se tiene en cuenta el criterio de proximidad o cercanía a la infraestructura existente, por lo tanto, las áreas más cercanas significaran menos costos inversión económica para la instalación del servicio de agua, caso contrario de las áreas más alejadas, que suponen mayores costos de inversión. Por este motivo se coloca mayor importancia a las áreas más próximas frente a las más alejadas.

Tabla 66

Matriz de comparación de pares para distancia a red de agua potable

Dist. a red de Agua Potable (m.)	0-100	101-200	201-300	301-400	>400
0-100	1.00	2.00	3.00	7.00	8.00
101-200	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
201-300	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
301-400	0.14	0.33	0.50	1.00	2.00
>400	0.13	0.14	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.10	3.98	6.83	13.50	21.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.15	0.07	0.05

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 67), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados para distancia a la red de agua potable.

Tabla 67
Matriz de normalización de pares para agua potable

Dist. a red de Agua Potable	0-100	101-200	101-150	151-200	>200	Vector Priorización
0-100	0.476	0.503	0.439	0.519	0.381	0.463
101-200	0.238	0.251	0.293	0.222	0.333	0.268
201-300	0.159	0.126	0.146	0.148	0.143	0.144
301-400	0.068	0.084	0.073	0.074	0.095	0.079
>400	0.059	0.036	0.049	0.037	0.048	0.046

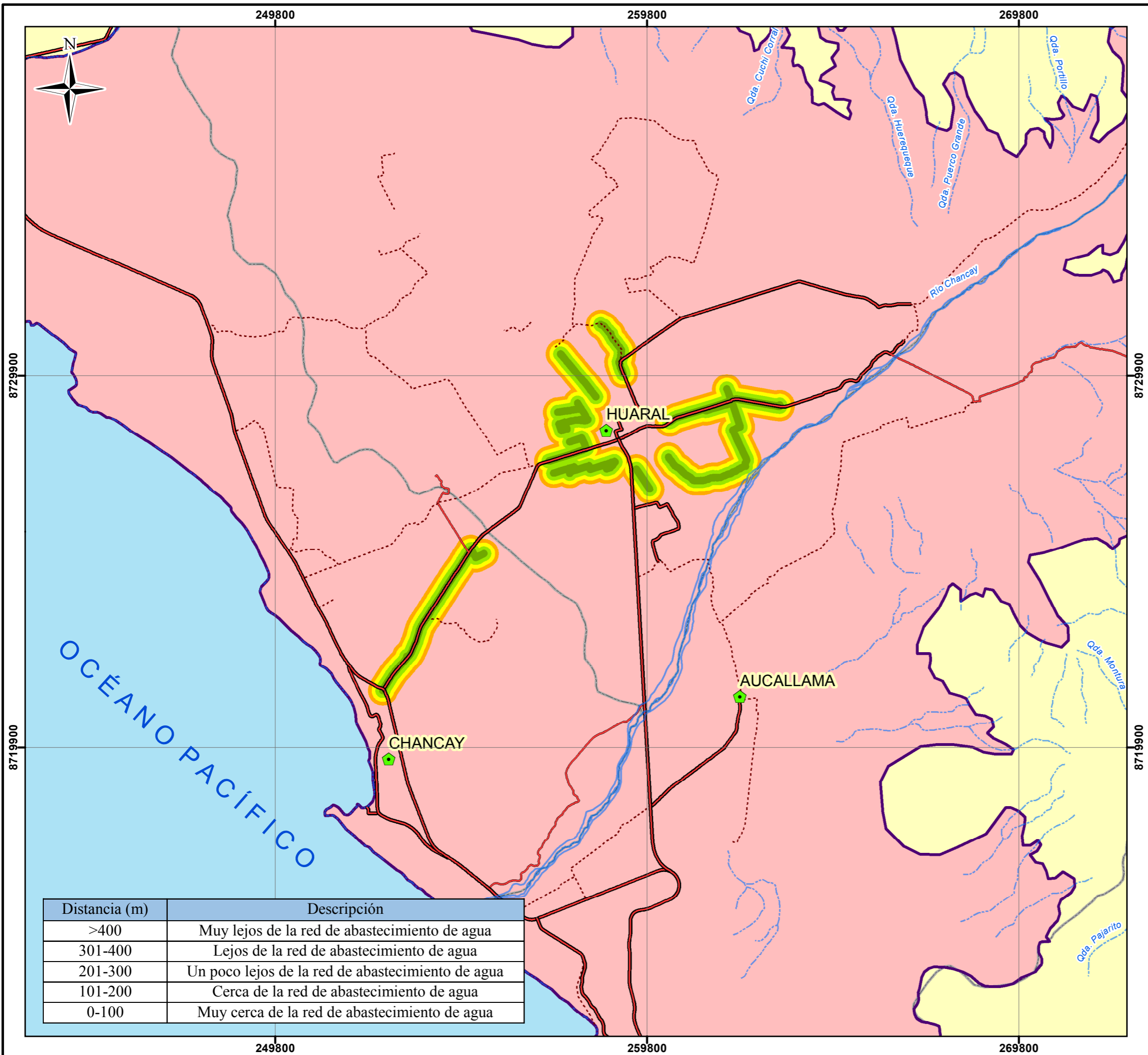
Fuente: Elaboración Propia

Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°68.

Tabla 68
Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para agua potable

IC	0.010
RC	0.009

Fuente: Elaboración Propia



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:100,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Distancias a Red de Abastecimiento de Agua

- 0 a 100
- 101 a 200
- 201 a 300
- 301 a 400
- Mayor a 400

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de abastecimiento de agua
301-400	Lejos de la red de abastecimiento de agua
201-300	Un poco lejos de la red de abastecimiento de agua
101-200	Cerca de la red de abastecimiento de agua
0-100	Muy cerca de la red de abastecimiento de agua

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

DISTANCIAS A RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Elaborado por:	Fecha:	Mapa N°:
Julio C. Cruz Fernandez	Marzo del 2019	14

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

b) Desarrollo de la información geoespacial para red de desagüe.

El servicio de alcantarillado de desagüe, es sumamente importante pues encauza el agua residual de nuestros quehaceres diarios a una red, lo cual permite que no exista concentración de desechos que den origen a plagas o enfermedades. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), 6 de cada 10 personas no cuentan con saneamiento⁸, y a su vez este servicio es considerado como básico.

Para el presente estudio se solicitó la red de saneamiento a EMAPA Huaral y EMAPA Chancay, por otro lado, del distrito de Aucallama se levantó en campo, siendo administrado la ciudad por el mismo municipio y los demás centros poblados urbanos por las JASS por lo que no se tomaran en cuenta para el análisis por lo descrito en el criterio anterior. La información fue trabajada en el software ArcGIS, para poder realizar el análisis correspondiente, para esta variable se trabajó con las distancias que se observan en la tabla N° 69; el primer paso (ver figura N° 28) que se realizó fue cortar la información con el área de estudio, con la herramienta *Clip*, y con *Buffer*, se generan las distancias, tomando el mismo criterio que en la variable de agua potable. Finalmente, con *Add Field*, se crearán dos campos (distancias y descripción) para colocar los datos correspondientes. Ver Mapa N° 15.

⁸ Disponible en: <<https://fandelagua.com/el-agua-potable-y-su-importancia-en-el-dia-a-dia/>>

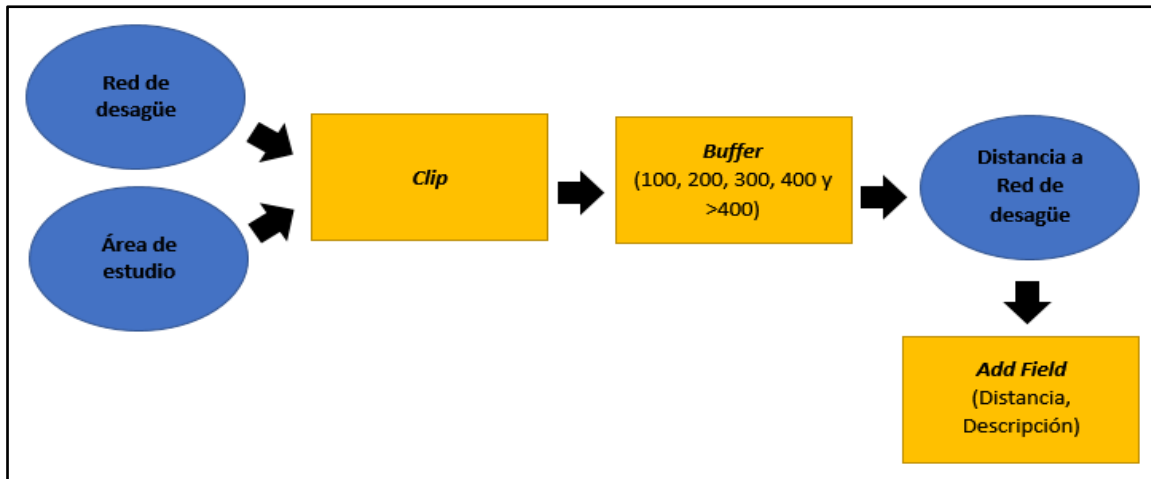


Figura 28. Modelo conceptual de la variable red de desagüe.
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 69

Distancia a red de desagüe.

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de alcantarillado
301-400	Lejos de la red de alcantarillado
201-300	Un poco lejos de la red de alcantarillado
101-200	Cerca de la red de alcantarillado
0-100	Muy cerca de la red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable red de desagüe.

Para la ponderación de los descriptores (Tabla N° 70) de red de desagüe, se tiene en cuenta el criterio de proximidad o cercanía a la infraestructura existente, por lo tanto, las áreas más cercanas significaran menos inversión económica para la instalación del servicio de alcantarillado, caso contrario de las áreas más alejadas, que suponen mayores costos de inversión. Por este motivo se coloca mayor importancia a las áreas más próximas frente a las más alejadas.

Tabla 70

Matriz de comparación de pares para distancia a la red de desagüe

Dist. a red de desagüe (m)	0-100	101-200	201-300	301-400	>400
0-100	1.00	2.00	3.00	7.00	8.00
101-200	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
201-300	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
301-400	0.14	0.33	0.50	1.00	2.00
>400	0.13	0.14	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.10	3.98	6.83	13.50	21.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.15	0.07	0.05

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 71), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados para distancias de la red de desagüe.

Tabla 71

Matriz de normalización de pares para red de desagüe

Dist. a red de desagüe	0-100	101-200	201-300	301-400	>400	Vector Priorización
0-100	0.476	0.503	0.439	0.519	0.381	0.463
101-200	0.238	0.251	0.293	0.222	0.333	0.268
201-300	0.159	0.126	0.146	0.148	0.143	0.144
301-400	0.068	0.084	0.073	0.074	0.095	0.079
>400	0.059	0.036	0.049	0.037	0.048	0.046

Fuente: Elaboración Propia

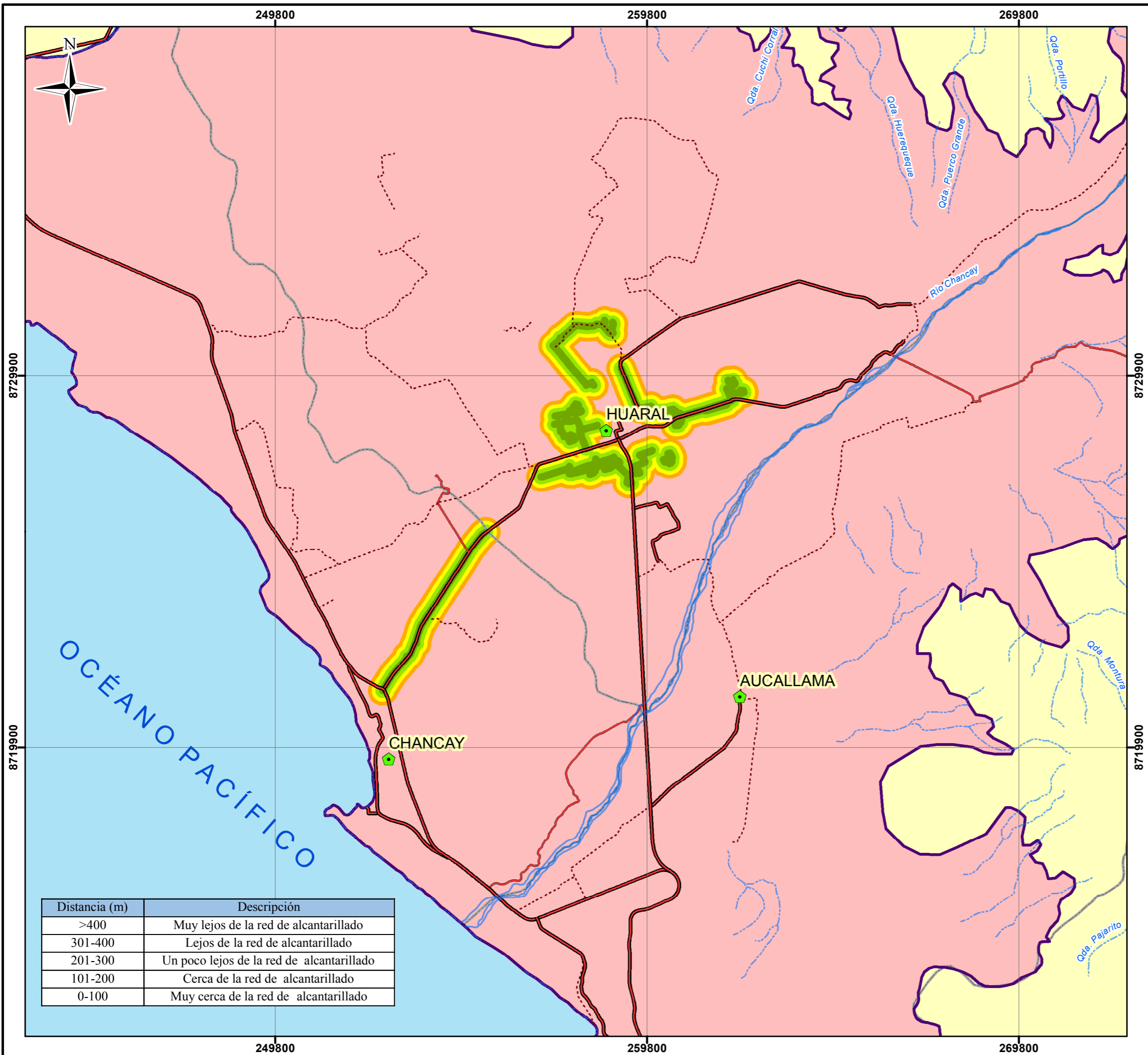
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 72.

Tabla 72

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para red de desagüe

IC	0.010
RC	0.009

Fuente: Elaboración Propia



Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de alcantarillado
301-400	Lejos de la red de alcantarillado
201-300	Un poco lejos de la red de alcantarillado
101-200	Cerca de la red de alcantarillado
0-100	Muy cerca de la red de alcantarillado

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:100,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Distancias a Red Alcantarillado

- 0 a 100
- 101 a 200
- 201 a 300
- 301 a 400
- Mayor a 400

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

DISTANCIAS A RED DE ALCANTARILLADO

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 15
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

c) Desarrollo de la información geoespacial para vías y accesibilidad

Es de conocimiento que la red vial o carreteras, son muy importantes en el desarrollo de y crecimiento de un país, provincia, distrito o ciudad. Pues permite comunicar, transportar elementos o materia prima, acceso a la educación y acceso a salud, sumando a esto que mientras estén mejor construidas y sean fáciles de transitar, se optimizara en tiempo y recursos, por lo tanto, fomenta el crecimiento económico; se tomó esta variable para el estudio debido a que el desarrollo de un área urbana siempre se encuentra ligada a la construcción o cercanías a buenas carreteras, las cuales permiten el intercambio económico.

Respecto a vías y accesibilidad, para este estudio se tomaron las vías oficiales del Ministerio de Transporte y Comunicación, que se encuentran en su página web⁹, estas son la red vial nacional, departamental y vecinal, que se utilizaron como base y que fueron actualizadas en Google Earth, para finalmente ser corroboradas en salida de campo, el criterio bajo el cual se están completando y actualizando las vías en dirección a los centros poblados urbanos. Esta variable se analizará en función a dos elementos, el tipo de vía (ver tabla N° 73) y la distancia hacia las vías (ver tabla N° 74), y se evaluarán en el mismo vector.

El proceso se realiza en software ArcGIS (ver figura N° 29), mediante la herramienta *Clip*, se cortara la información utilizada en salida de campo con el área de estudio, y con *Add Field*, se crearan dos campos para colocar el tipo de vía y su descripción como se observa en la tabla N° 73, para posteriormente con *Editor*, cambiar de las categorías y digitalizar las que fueron levantadas en campo, una vez terminado este proceso con la herramienta *Buffer*, se crearan las distancias que se observan en la tabla N° 74, tomando el mismo criterio de las variables

⁹ Disponible en: < <http://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html> >

anteriores. Y nuevamente con la herramienta *Add field*, crearemos dos campos para distancia y descripción. Ver Mapa N° 16 y 17.

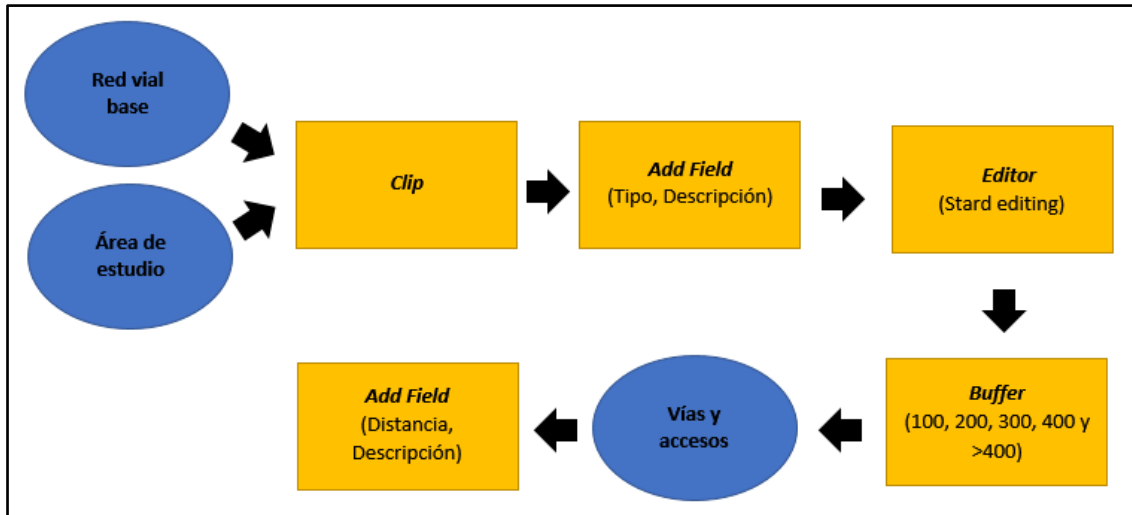


Figura 29. Modelo conceptual de la variable vía y accesibilidad
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 73
Tipos de Vía

Tipo	Descripción
Asfaltada	Vía tratada cubierta con pavimento
Afirmada	Vía con superficie de rodadura compactada de material granular
Carrozable	Vía sin tratamiento destinado para el tránsito de vehículos
Herradura	Vía terrestre para el tránsito de peatones y animales
Sin Vía	Área sin algún tipo de Vía importante

Fuente: Elaboración propia, MTC.

Tabla 74
Distancia a vías

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la vía
301-400	Lejos de la vía
201-300	Un poco lejos de la vía
101-200	Cerca de la vía
0-100	Muy cerca de la vía

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable vías y accesibilidad.

El criterio usado para esta variable es respecto a la superficie de la vía, tomando en cuenta la transitabilidad, debido a que, si cuenta con una mejor infraestructura, serán de fácil acceso mejorando la actividad comercial manteniendo los desplazamientos seguros y eficientes para mantener una calidad de vida aceptable para población urbana. Ver Tabla N° 75.

Tabla 75

Matriz de comparación de pares para tipo de vía

Tipo de Vía	Asfaltada	Afirmada	Carrozable	Herradura	Sin Vía
Asfaltada	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Afirmada	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
Carrozable	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Herradura	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
Sin Vía	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.89	7.75	14.50	23.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.07	0.04

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 76), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados de tipo de vía.

Tabla 76

Matriz de normalización de pares para tipo de vía

Tipo Vía	Asfaltada	Afirmada	Carrozable	Herradura	Sin Vía	Vector Priorización
Asfaltada	0.499	0.514	0.516	0.483	0.391	0.481
Afirmada	0.250	0.257	0.258	0.276	0.304	0.269
Carrozable	0.125	0.128	0.129	0.138	0.174	0.139
Herradura	0.071	0.064	0.065	0.069	0.087	0.071
Sin Vía	0.055	0.037	0.032	0.034	0.043	0.040

Fuente: Elaboración Propia

Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 77.

Tabla 77

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para tipo de vía

IC	0.008
RC	0.007

Fuente: Elaboración Propia

- Distancia a la Vía

Para la ponderación de los descriptores (tabla N° 78) de distancia a las vías, se tiene en cuenta el criterio de proximidad o cercanía a la infraestructura existente, por lo tanto, las áreas más cercanas significaran menos inversión económica para la construcción de nuevas vías de acceso, caso contrario de las áreas más alejadas, que suponen mayores costos de inversión. Por este motivo se coloca mayor importancia a las áreas más próximas frente a las más alejadas.

Tabla 78

Matriz de comparación de pares para distancia a vía

Dist. a Vías (m)	0-100	101-200	201-300	301-400	>400
0-100	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
101-200	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
201-300	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
301-400	0.17	0.33	0.50	1.00	2.00
>400	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.13	4.00	6.83	12.50	20.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 79), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de

cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados para distancia de vía.

Tabla 79

Matriz de normalización de pares para distancia a vía

Dist. a Vías	0-100	101-200	201-300	301-400	>400	Vector Priorización
0-100	0.471	0.500	0.439	0.480	0.400	0.458
101-200	0.235	0.250	0.293	0.240	0.300	0.264
201-300	0.157	0.125	0.146	0.160	0.150	0.148
301-400	0.078	0.083	0.073	0.080	0.100	0.083
>400	0.059	0.042	0.049	0.040	0.050	0.048

Fuente: Elaboración Propia

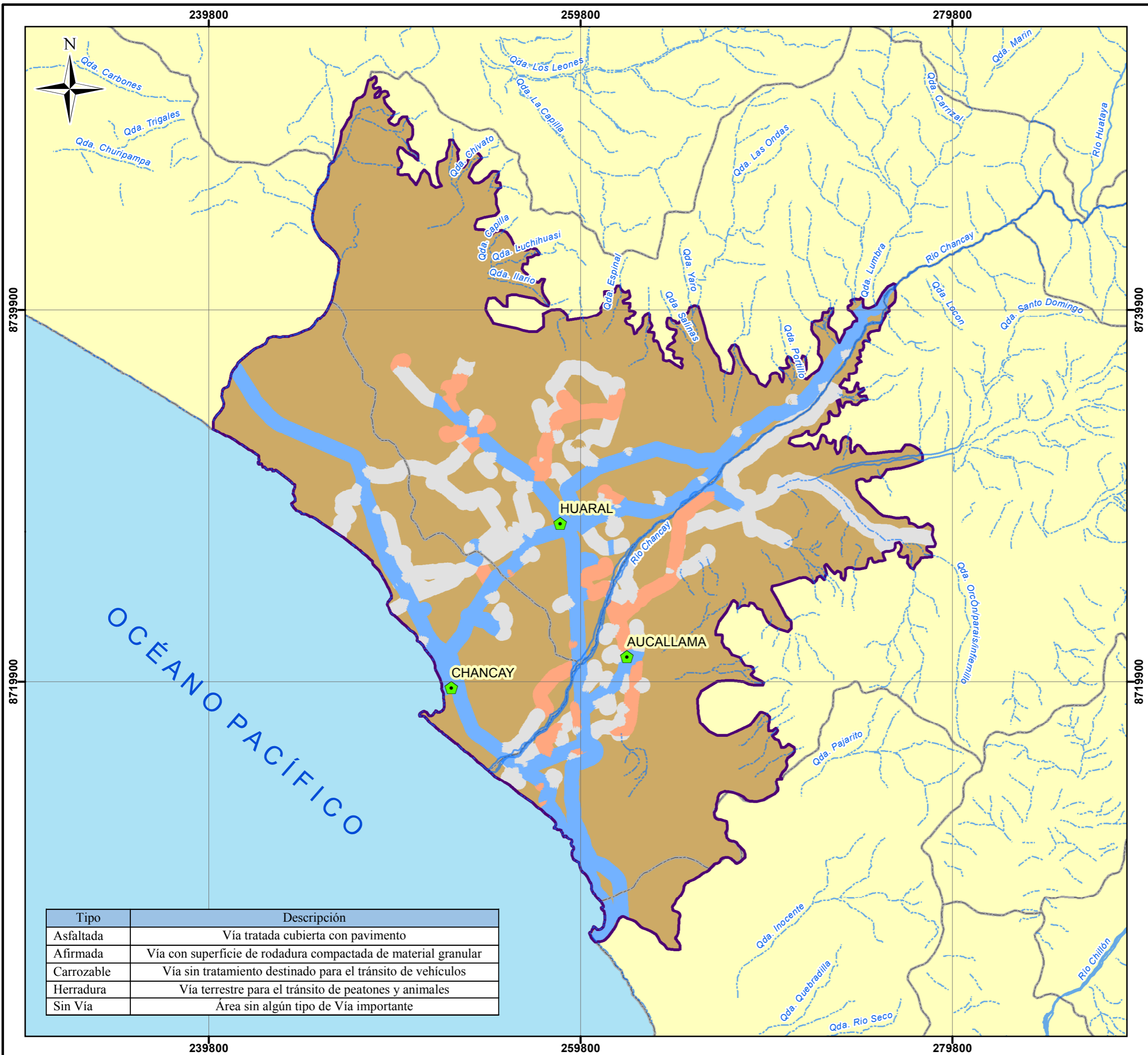
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 80.

Tabla 80

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para distancia a Vía

IC	0.006
RC	0.005

Fuente: Elaboración Propia.

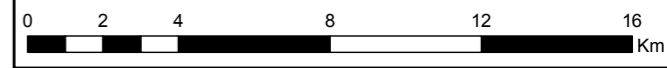


Tipo	Descripción
Asfaltada	Vía tratada cubierta con pavimento
Afirmada	Vía con superficie de rodadura compactada de material granular
Carrozable	Vía sin tratamiento destinado para el tránsito de vehículos
Herradura	Vía terrestre para el tránsito de peatones y animales
Sin Vía	Área sin algún tipo de Vía importante

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Tipos de vías

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Vía carrozable
- Sin vía

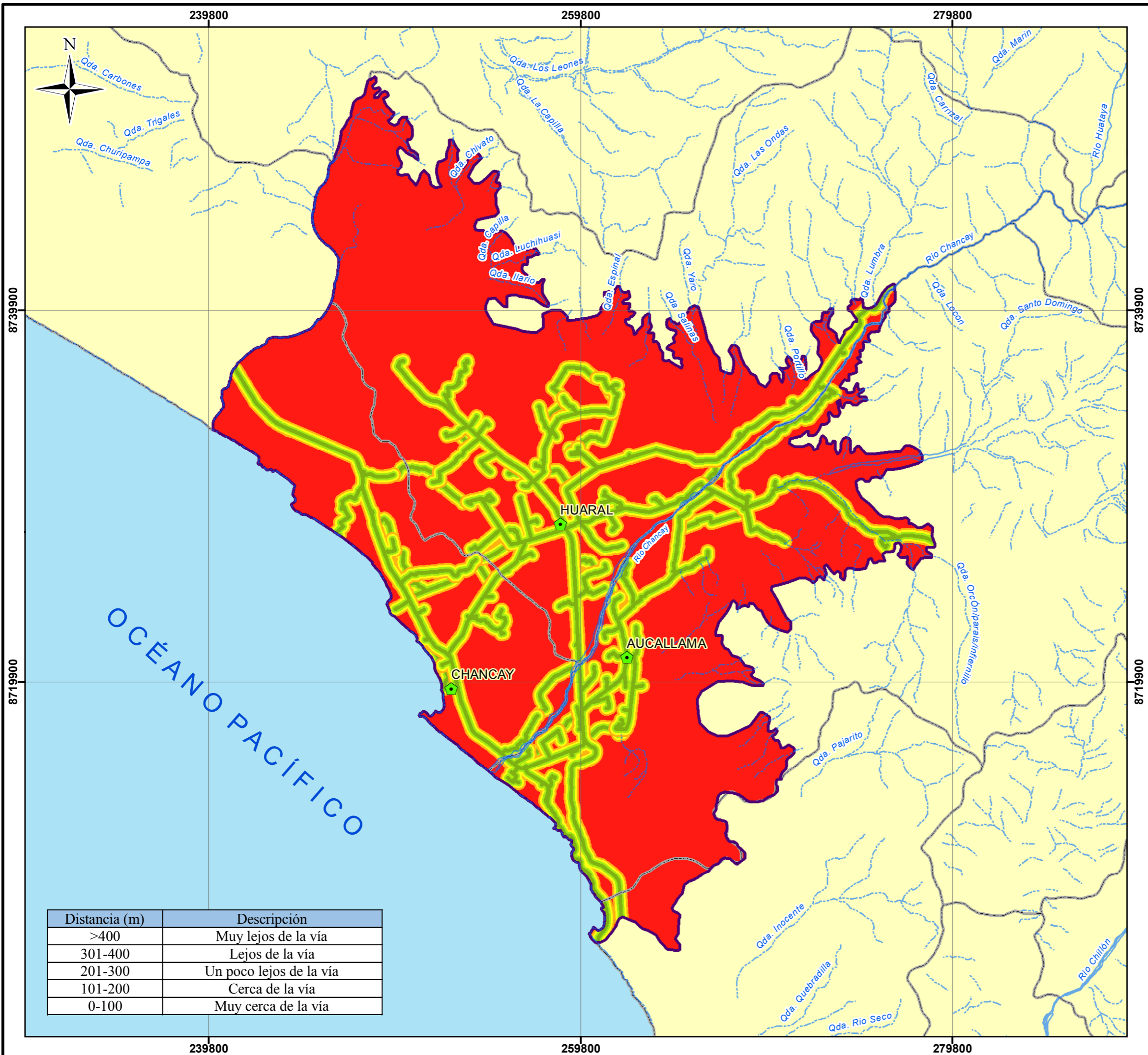
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

TIPO DE VÍAS

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez
 Fecha: Marzo del 2019
 Mapa N°: 16

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Distancias a Red Vial

- 0 a 100
- 101 a 200
- 201 a 300
- 301 a 400
- Mayor a 400

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la vía
301-400	Lejos de la vía
201-300	Un poco lejos de la vía
101-200	Cerca de la vía
0-100	Muy cerca de la vía

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

DISTANCIAS A RED VIAL

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 17
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

d) Desarrollo de la información geoespacial para línea de transmisión eléctrica

El servicio de electricidad es considerado un servicio básico para el desarrollo de la población, la iluminación de las viviendas, calles y centros recreacionales, es de suma importancia pues se encuentra ligado a la seguridad, calidad de vida y desarrollo tecnológico.

La información espacial de la red de distribución de media tensión, fue facilitada por medio de una solicitud al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin, la misma que se visualiza en el Mapa Energético Minero¹⁰, el cual es un geoservidor manejado por esta entidad. La información se encontraba en formato vectorial Shapefile, y se trabajó en el software ArcGIS (ver figura N° 30); el primer paso que se realizó fue cortar la información con el área de estudio, utilizando la herramienta *Clip*, después con la herramienta *Buffer*, para crear polígonos de zona de influencia alrededor de la infraestructura existente a una distancia especificada (ver tabla N° 81) y finalmente con *Add Field*, se crean los campos de distancia y descripción de cada área de influencia. Ver Mapa N° 18.

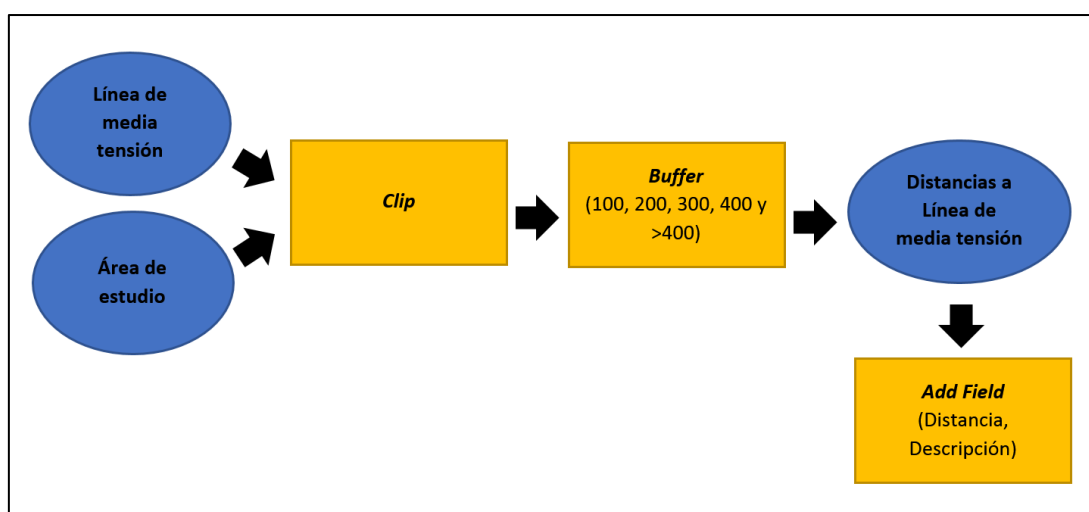


Figura 30. Modelo conceptual de la variable distancia a línea de transmisión.
(Fuente: Elaboración propia)

¹⁰ Disponible en <<http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/>>

Tabla 81

Distancia a Línea de Distribución.

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de distribución
301-400	Lejos de la red de distribución
201-300	Un poco lejos de la red de distribución
101-200	Cerca de la red distribución
0-100	Muy cerca de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de análisis multicriterio en la variable línea de trasmisión eléctrica.

Para la ponderación de los descriptores (tabla N° 82) de líneas de transmisión, se tiene en cuenta el criterio de proximidad o cercanía a la infraestructura existente, por lo tanto, las áreas más cercanas significaran menos inversión económica para la instalación del servicio de electrificación, caso contrario de las áreas más alejadas, que suponen mayores costos de inversión. Por este motivo se coloca mayor importancia a las áreas más próximas frente a las más alejadas.

Tabla 82

Matriz de comparación de pares Distancia a la Línea de transmisión

Dist. a la Línea de Transmisión (m)	0-100	101-200	201-300	301-400	>400
0-100	1.00	2.00	3.00	7.00	9.00
101-200	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
201-300	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
301-400	0.14	0.33	0.50	1.00	2.00
>400	0.11	0.14	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.09	3.98	6.83	13.50	22.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.15	0.07	0.05

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización (Tabla N° 83), que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de

cada columna (obtenido en la tabla anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados del factor Línea de transmisión

Tabla 83

Matriz de normalización de pares Distancia a la Línea de transmisión

Dist. a la Línea de Transmisión	0-100	101-200	201-300	301-400	>400	Vector Priorización
0-100	0.479	0.503	0.439	0.519	0.409	0.470
101-200	0.240	0.251	0.293	0.222	0.318	0.265
201-300	0.160	0.126	0.146	0.148	0.136	0.143
301-400	0.068	0.084	0.073	0.074	0.091	0.078
>400	0.053	0.036	0.049	0.037	0.045	0.044

Fuente: Elaboración Propia

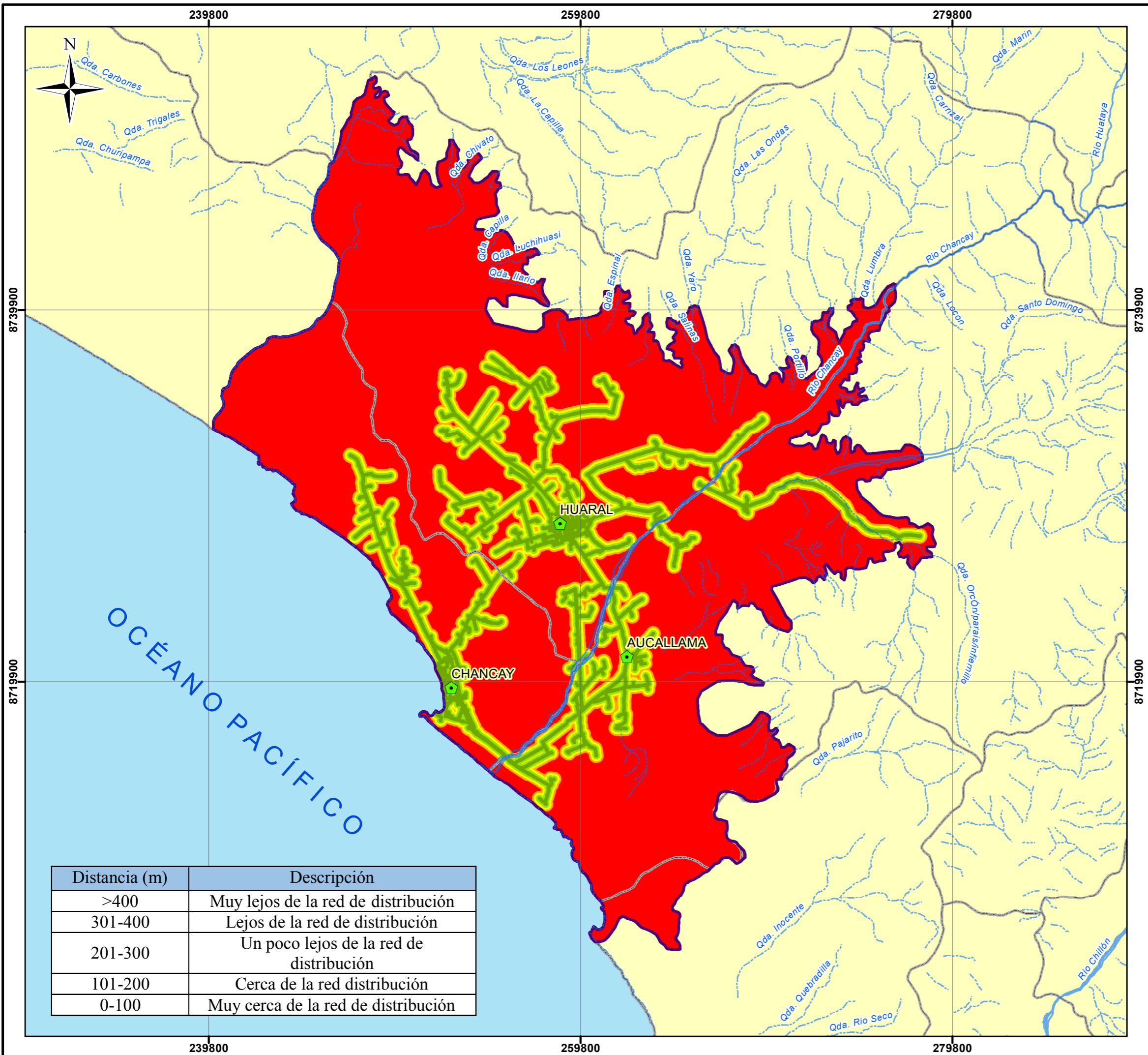
Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N° 84.

Tabla 84

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para distancia a Línea de transmisión

IC	0.007
RC	0.007

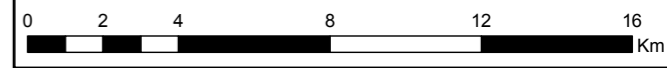
Fuente: Elaboración Propia



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Distancias a Red de Electrificación

- 0 a 100
- 101 a 200
- 201 a 300
- 301 a 400
- Mayor a 400

Distancia (m)	Descripción
>400	Muy lejos de la red de distribución
301-400	Lejos de la red de distribución
201-300	Un poco lejos de la red de distribución
101-200	Cerca de la red distribución
0-100	Muy cerca de la red de distribución

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

DISTANCIAS A RED DE ELECTRIFICACIÓN

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 18
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

- **Procedimiento geoespacial para el desarrollo de las variables de Infraestructura de Servicios.**

El procedimiento que se realiza en el software ArcGIS es el mismo que para el factor físico y limitante, el cual consta en la intercepción de las variables físicas utilizados para esta investigación, una vez calculado los pesos y terminado de editar los vectores.

Como se ha explicado, para la variable vías y accesibilidad se está trabajando en función a tipos de vías y distancias la cual tiene cada una sus propios descriptores, estas se trabajarán en el mismo vector; una vez calculados los pesos para cada una de ellas y sus descriptores se crearán seis campos tipo “Double” siendo dos para tipos de vías (p.variable, p.descriptor), dos para distancia (p.variable, p.descriptor) y dos la variable vías y accesibilidad (p.variable, p.descriptor). Con “*Select By Attributes*” y “*Field calculator*” se llenarán los campos de tipo de vía y distancia, para calcular los valores finales de la variable vía y accesibilidad en el campo de peso de descriptor con la fórmula:

$$\text{Vías y accesibilidad: } (P. \text{ tipo_via} * P. \text{ descrip_t.via}) + (P. \text{ distancia} * P. \text{ descrip_distancia})$$

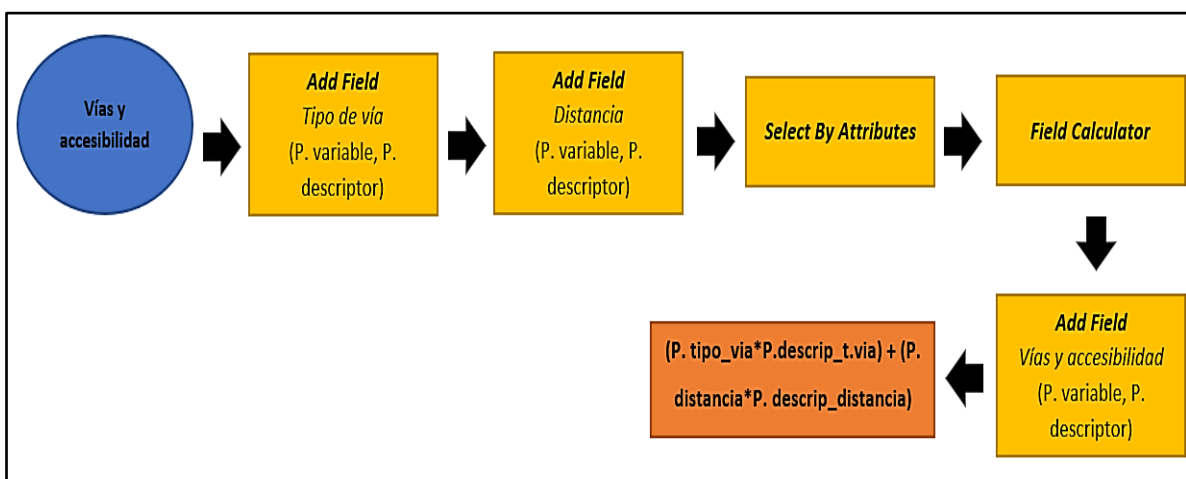


Figura 31. Modelo conceptual del proceso para la variable vías y accesibilidad (Fuente: Elaboración propia)

Y finalmente rellenar el campo de peso de la variable, culminada este proceso se realiza lo mismo para las demás variables. Se crearan dos campos en cada variable, el primero será para colocar el peso de la variable y el segundo para calcular el peso de cada uno de los descriptores de la variable utilizando la herramienta “*Add Field*” se procede a agregar los campos de tipo “*Double*”, y con “*Field calculator*” colocaremos los pesos correspondientes para la variable; antes de rellenar los valores del campo de peso de los descriptores, utilizaremos las herramienta “*Select By Attributes*”, y nuevamente llenamos los valores con “*Field calculator*”.

Una vez terminado de rellenar la tabla de cada vector, procedemos a realizar la intercepción, podemos entrar al Arctoolbox > Analysis Tools > Overlay > Intersect o ingresar el nombre de la herramienta en el buscador “*Source*”, damos click e introducimos las variables de infraestructura de servicios, y al vector resultante le daremos el nombre de “infraestructura de servicios”, y crearemos nuevamente dos campos tipo “*Double*”, uno para el peso de infraestructura, cuando se intercepte con los factores físicos-limitantes y el otro para el cálculo de las variables interceptadas el cual será de acuerdo formula de la suma lineal ponderada que se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Valores de Inf. de Servicios: } (\mathbf{P.agua*P.descrip_agua}) + (\mathbf{P.desague*P.descrip_desag}) + (\mathbf{P.electrificación*P.descrip_elect}) + (\mathbf{P.vias*P.descrip_vias})$$

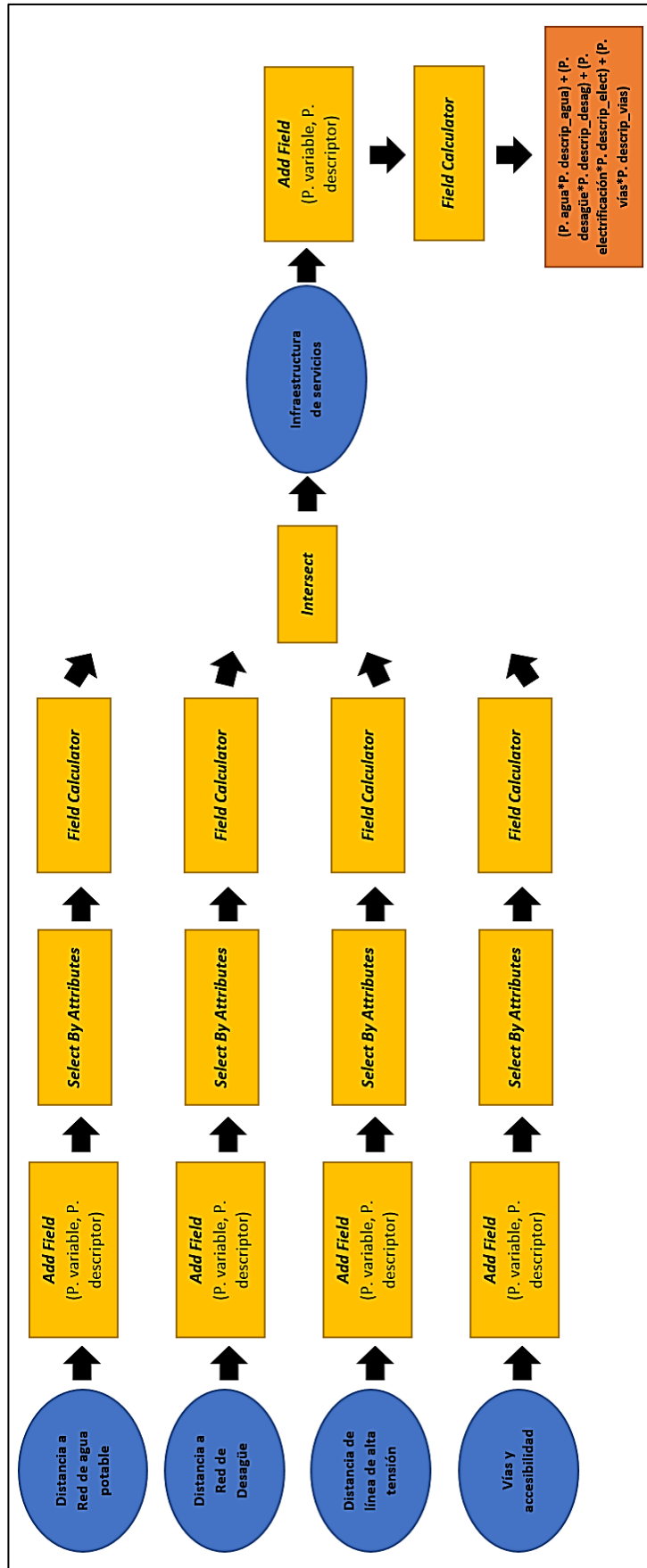


Figura N° 32. Modelo conceptual del proceso de infraestructura de servicio (Fuente: Elaboración propia)

Calculo de pesos de los factores de infraestructura de servicios

La matriz de comparación de pares se prioriza a las redes de agua potable por ser un recurso básico para la población seguido del servicio de saneamiento, vías y accesibilidad y por ultimo a las líneas de trasmisión eléctrica. Ver tabla N° 85.

Tabla 85

Matriz de comparación de pares de los factores de infraestructura urbana

INFRA. URBANA	Redes de agua potable	Alcantarillado	Vías y Acceso	Línea de Transmisión
Redes de agua potable	1.00	2.00	3.00	6.00
Alcantarillado	0.50	1.00	2.00	3.00
Vías y Accesos	0.33	0.50	1.00	2.00
Línea de Transmisión	0.17	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.83	6.50	12.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.15	0.08

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente matriz de normalización, que consiste en un cuadro de doble entrada, se multiplica para cada elemento asignado con el valor de la unidad sobre la suma de cada columna (obtenido en la anterior), para luego sumar toda la fila de cada descriptor o elemento, hallando finalmente los valores jerarquizados de las variables del factor de infraestructura urbana.

Tabla 86

Matriz de normalización de pares de los factores de infraestructura urbana

Infraestructura de servicios	Redes de agua potable	Alcantarillado	Vías y Acceso	Línea de Transmisión	Vector Priorización
Redes de agua potable	0.500	0.522	0.462	0.500	0.496
Alcantarillado	0.250	0.261	0.308	0.250	0.267
Vías y Acceso	0.167	0.130	0.154	0.167	0.154
Línea de Transmisión	0.083	0.087	0.077	0.083	0.083

Fuente: Elaboración Propia

Al tener los valores jerarquizados procedemos a calcular el índice de consistencia y relación de consistencia. Ver tabla N°87.

Tabla 87

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores de infraestructura urbana

IC	0.003
RC	0.003

Fuente: Elaboración Propia

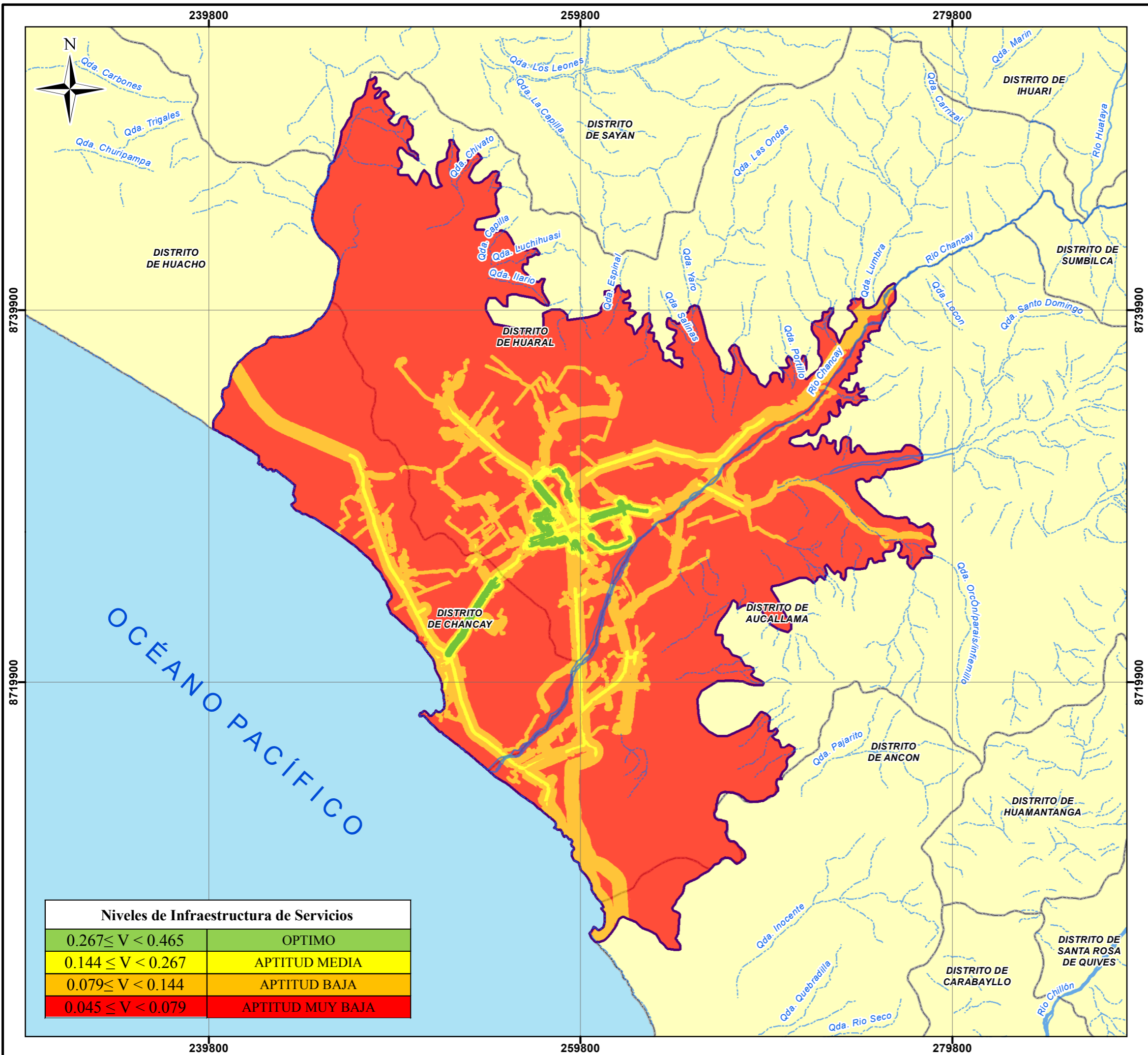
Finalmente, con la obtención de los pesos de cada uno de las variables y los pesos de sus descriptores, se aplicará la suma lineal ponderada, que nos dará niveles para infraestructura urbana, respecto a expansión territorial que se aprecian en la tabla N° 88, y se pueden visualizar en el Mapa N° 19 de Infraestructura de servicios.

Tabla 88

Niveles de Infraestructura de servicios

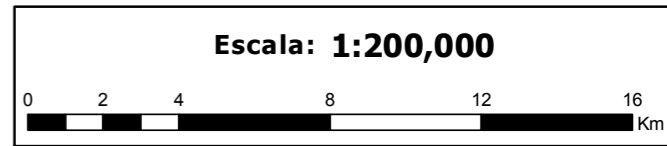
Niveles de Infraestructura de Servicios	
$0.267 \leq V < 0.465$	OPTIMO
$0.144 \leq V < 0.267$	APTITUD MEDIA
$0.079 \leq V < 0.144$	APTITUD BAJA
$0.045 \leq V < 0.079$	APTITUD MUY BAJA

Fuente: Elaboración Propia



Niveles de Infraestructura de Servicios	
$0.267 \leq V < 0.465$	OPTIMO
$0.144 \leq V < 0.267$	APTITUD MEDIA
$0.079 \leq V < 0.144$	APTITUD BAJA
$0.045 \leq V < 0.079$	APTITUD MUY BAJA

MAPA DE UBICACIÓN



**Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84**

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico

Niveles de Infraestructura de Servicio

- OPTIMO
- APTITUD MEDIA
- APTITUD BAJA
- APTITUD MUY BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

NIVELES DE INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO		
Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 19
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.		

4.3.4 Análisis de Factores Limitantes

Este paso consiste en definir las áreas del territorio donde resulta prácticamente imposible establecer la actividad planteada. Es decir, que la ocupación de áreas para expansión urbana sobre el espacio de un lago o área natural protegida, como ejemplo, está excluida de forma definitiva. Estos criterios o factores se los denominan limitantes o restrictivos y con respecto al área de estudio se pudo identificar tres factores gracias al análisis realizado, los cuales se presentan a continuación.

a) Áreas Urbanas Consolidadas

Esta información espacial se basa en la capa vectorial de áreas urbanas obtenidas en el proceso de cálculo de la proyección de área urbana donde se utilizó imágenes satelitales Landsat. Estas áreas territoriales ya se encuentran ocupadas en la actualidad por lo que solo se debe considerar para el análisis las áreas fuera de la mancha urbana.

b) Restos Arqueológicos

Esta información espacial es obtenida del geoportal SIGDA¹¹ del Ministerio de Cultura que a través de su Dirección de Patrimonio Arqueológico Inmueble y Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal mantienen un inventario en constante actualización de restos arqueológicos que tienen el carácter de intangibles e imprescriptibles de acuerdo a los artículos 5 y 6 de la Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación. Para su incorporación a la investigación se digitalizo todos los polígonos que se encontraban en el área de estudio para obtener una capa vectorial de los restos arqueológicos.

¹¹Disponible en: <<http://sigda.cultura.gob.pe/#>>

c) Faja Marginal del Rio Chancay Huaral

La información espacial de este factor se obtuvo mediante el geoportal GeoHidro¹² de la Autoridad Nacional del Agua y es el resultado del estudio denominado “Delimitación de la Faja Marginal de Rio Chancay-Huaral (1999)”, en una extensión de 40 Km, tramo comprendido entre el litoral y la zona denominada Acos, esta extensión abarca toda el área de estudio lo que facilita su incorporación al análisis ya que según la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos en su artículo N° 74, son terrenos aledaños a cauces naturales o artificiales destinados para la protección, de uso primario, libre de tránsito, pesca, caminos de vigilancia u otros servicios y en donde su reglamento determina en el artículo N° 115 la prohibición de asentamiento humano, agrícola u otras actividades que las afecten.

d) Actividad Minera e Industrial

En el área de estudio se localizó dos grandes empresas donde sus operaciones ocupan gran extensión del territorio, siendo una de actividad minera y la otra categorizada como gran industria, a continuación, se detalla las actividades económicas encontradas:

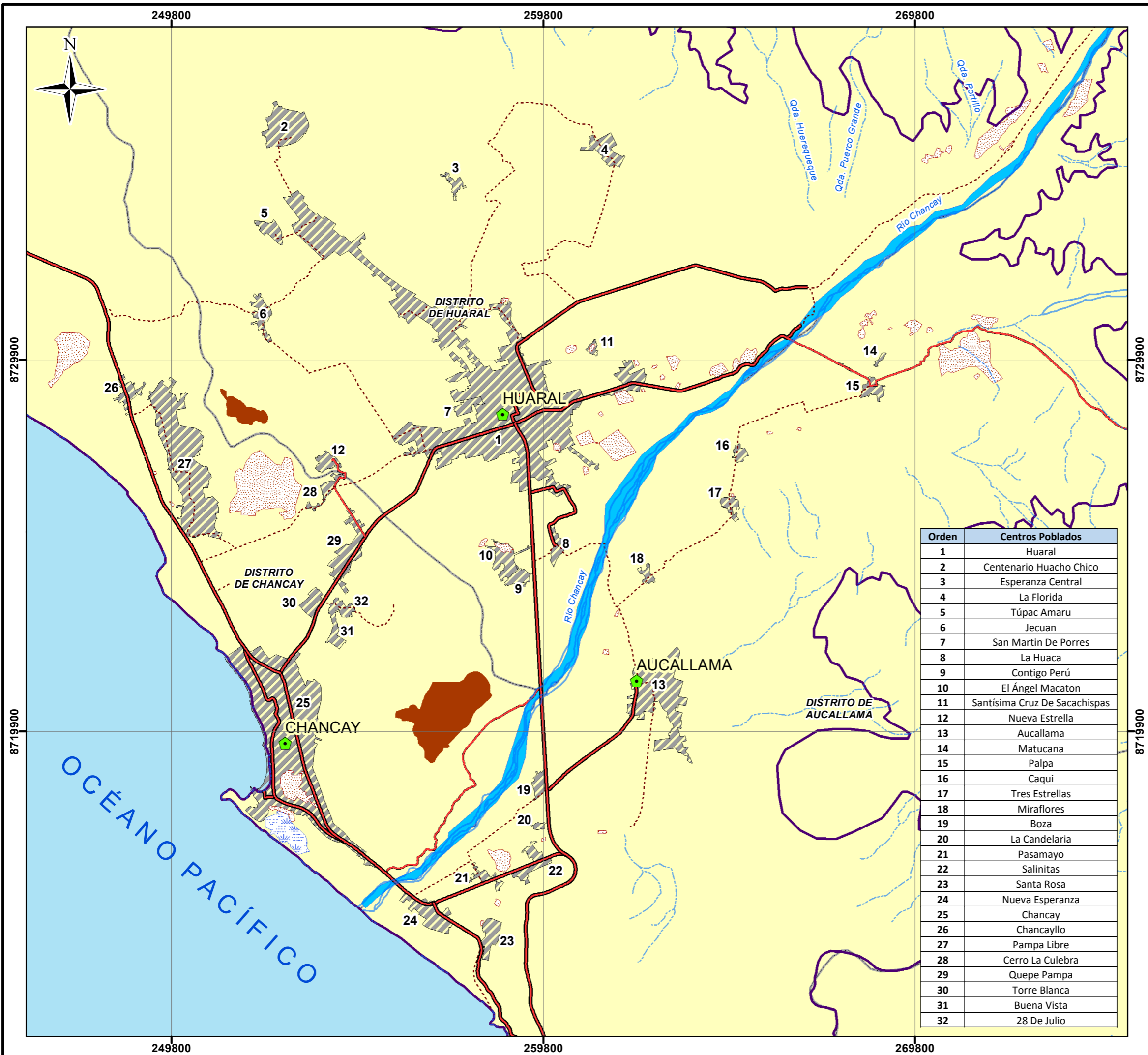
- La actividad minera proviene de la empresa Minería Colquisiri S.A. mediante su unidad minera María Teresa localizada en el distrito de Chancay, y donde la información espacial se obtuvo a través de la digitalización de los planos del documento proveniente del INGEMMET, “Área disturbada por la actividad minera metálica formal en las operaciones mineras actuales (2017)”, con un área de 52.11 Ha.
- La gran industria es desarrollada por la empresa Famesa Explosivos S.A. mediante su planta de emulsión localizada en el kilómetro 57 de la Panamericana Norte, distrito de Chancay, la información espacial provino de la imagen satelital Landsat 8.

¹² Disponible en: <<http://geo.ana.gob.pe/geohidro/>>

e) Humedales de Santa Rosa

Ubicado en el distrito de Chancay al sur de la ciudad, perteneciente a uno de los 94 humedales costeros registrados en el Perú donde la característica principal es la gran diversidad de especies de fauna y flora respecto a otros humedales más extensos de la costa, la información espacial se obtuvo de la digitalización de los mapas encontrados dentro del estudio “Caracterización y Evaluación de los factores biológicos del Humedal de Santa Rosa como base para su conservación, manejo y gestión” (2009), con un área aproximada de 90 hectáreas de superficie.

En el Mapa N° 20 se visualiza las áreas definidas como factores limitantes para la presente investigación.



MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:100,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
 - Río
 - Qda. Seca
 - Vía Asfaltada
 - Vía Afirmada
 - Trocha
 - Área de estudio
 - Límite Distrital
 - Océano Pacífico
- Factores Limitantes**
- Faja Marginal
 - Humedales Santa Rosa
 - Actividad Minera e Industrial
 - Áreas Arqueológicas
 - Áreas Urbanas Consolidadas

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

FACTORES LIMITANTES

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 20
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

4.4. Procesamiento y aplicación de Análisis Multicriterio para determinar zonas óptimas de expansión urbana

El proceso final consta de la intersección (*Intersect*) de los Factores físicos, de peligrosidad y de infraestructura de servicios; colocando en la ruta de salida el nombre de “Zonas óptimas para expansión urbana preliminar”. Por último, pasamos a quitar mediante la herramienta “*Erase*” las áreas denominadas limitantes o restrictivas ya que 2 capas de este grupo están consideradas como intangibles, tal como las áreas de restos arqueológicos y faja marginal, ambas delimitadas por su autoridad competente y para el caso de áreas urbanas estas ya están ocupadas en la actualidad.

Se crean en el vector final, al cual ya denominamos Zonas Óptimas, dos campos uno de tipo “*Double*” y el otro de Tipo “*Text*”, para poder calcular y colocar los niveles correspondientes como son “Óptimo”, “Aptitud media”, “Aptitud baja” y “Aptitud muy baja”, apoyándonos de las herramientas “*Select By Attributes*” y “*Field calculator*”. La fórmula que se utiliza para el cálculo de los valores finales de zonas óptimas para expansión urbana preliminar es:

Valores de Zonas óptimas para expansión urbana: **(P.F._Peligrosidad * P.Valores_F.P) + (P.F._Inf_Servicios *P.Valores_FIS) + (P.F._Físicos * P. Valores_FF)**

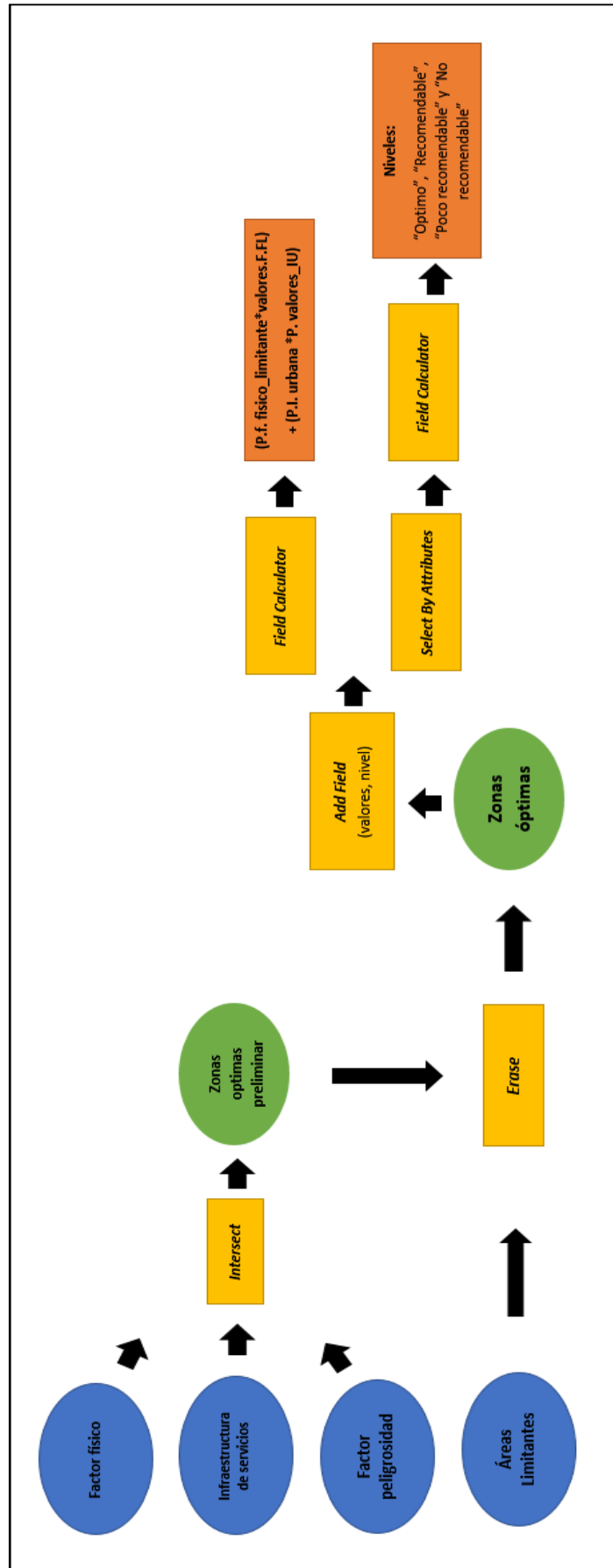


Figura N° 33. Modelo conceptual del proceso de Zonas óptimas para emplazamiento urbano
(Fuente: Elaboración propia)

Una vez realizado los cálculos de cada uno de los factores contemplados para el estudio, se procede a intersectar los resultados con el fin de hallar las áreas óptimas de expansión urbana, a continuación, se tiene la tabla N° 89 donde se tiene cada factor ponderado mediante la metodología del análisis jerárquico (AHP) el cual se considera uno de los más complejos.

Tabla 89
Matriz de comparación de factores de zonas óptimas

FACTORES	Factores de Infraestructura de Servicios	Factores Físicos	Factores de Peligrosidad
Factores de Infraestructura de Servicios	1.00	2.00	3.00
Factores Físicos	0.50	1.00	2.00
Factores de Peligrosidad	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior podemos ver que el criterio de más valor se le da a los factores de infraestructura de servicios por ser considerada una información confiable, actualizada y de gran precisión además que cada variable que la integra tiene gran injerencia con el proceso de urbanización, seguidamente tenemos a los factores físicos, si bien es cierto que son los que condicionan el uso del territorio muchas de las variables que la integran poseen una información general a una escala muy extensa, finalmente se tiene a los factores de peligrosidad en la menor importancia debido a la baja cantidad de variables ponderadas y también a la gran escala que fueron obtenidas por lo que las hacen de aspecto muy general. A continuación, se tienen las tablas de normalización, índice y relación de consistencia de los factores contemplados.

Tabla 90

Matriz de normalización de pares de los factores de zonas óptimas

PARÁMETRO	Factores de Infraestructura de Servicios	Factores Físicos	Factores de Peligrosidad	Vector Priorización
Factores de Infraestructura de Servicios	0.545	0.571	0.500	0.539
Factores Físicos	0.273	0.286	0.333	0.297
Factores de Peligrosidad	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los factores de infraestructura urbana

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración Propia

Calculo de los valores de zonas óptimas (AHP).

Para el cálculo final de los valores de zonas óptimas, que se encuentra sujeto a los factores de infraestructura de servicios, físicos y peligrosidad ya ponderados de acuerdo a la evaluación de la información obtenida, se observa en la siguiente tabla N° 92 para luego ser ordenados en rangos y se les asignaran los niveles correspondientes.

Tabla 92

Calculo de valores de zonas óptimas

Factores de Infraestructura de Servicios		Factores Físicos		Factores de Peligrosidad		Valor de Zonas Óptimas
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR	PESO	
0.465	0.539	0.558	0.297	0.536	0.164	0.504
0.267	0.539	0.392	0.297	0.254	0.164	0.302
0.144	0.539	0.265	0.297	0.197	0.164	0.189
0.079	0.539	0.187	0.297	0.140	0.164	0.121
0.045	0.539	0.101	0.297	0.070	0.164	0.066

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Niveles de Aptitud

Los niveles de aptitud para proceso expansión urbana en la cuenca baja del río Chancay Huaral se detallan en la tabla N° 93.

Tabla 93

Niveles de Aptitud para expansión urbana

Niveles de Aptitud para expansión urbana	
$0.302 \leq V < 0.504$	OPTIMO
$0.189 \leq V < 0.302$	APTITUD MEDIA
$0.121 \leq V < 0.189$	APTITUD BAJA
$0.066 \leq V < 0.121$	APTITUD MUY BAJA

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Estratificación de los niveles de Aptitud

En la siguiente tabla de estratificación de los niveles de aptitud para expansión urbana se agrupa las principales características del territorio que le dieron el nivel obtenido por los diferentes criterios de categorización y jerarquización.

Tabla 94

Estratificación de los niveles de Aptitud para expansión urbana

Niveles de Aptitud	Descripción	Rangos
OPTIMO	Presenta una geología de depósitos aluviales, con geomorfología predominante de llanuras o planicies; con capacidades portantes entre los 0.5 y 3 Kg/cm ² ; con suelos de tipo fluvisoles y regosoles, con capacidades de uso mayor clasificadas como de cultivo agrícola alta y en limpio; con pendientes de 0 a 15 grados. Peligros por Inundación en niveles bajo y muy bajo; distancias a las fallas geológicas mayores a los 500 metros. Generalmente vías a asfaltadas; a distancias muy cercanas de las líneas de transmisión; con distancias cercas y muy cercas a la red de desagüe; con distancias cerca y muy cerca a la red de agua potable.	$0.302 \leq V < 0.504$

APTITUD MEDIA	Presenta una geología de depósitos aluviales, eólicos y rocas ígneas como granodiorita y tonalita; con geomorfología predominante de llanuras, colinas y piedemontes; con capacidades portantes entre 0.5 y 1 Kg/cm ² ; con suelos generalmente del tipo fluvisoles, regosoles, arenosoles y afloramientos líticos; con capacidades de uso mayor clasificadas como de protección y agrícola alta; con pendientes de 0 a 25 grados. Peligros por Inundación en niveles medio y bajo; distancias a las fallas geológicas mayores a los 500 metros. Generalmente lejanas a las vías; a distancias alejadas de las líneas de transmisión; con distancias lejanas y muy lejanas a la red de desagüe; con distancias lejanas y muy lejanas a la red de agua potable.	$0.189 \leq V < 0.302$
APTITUD BAJA	Presenta una geología de rocas ígneas de origen volcánico, con una geomorfología predominantemente montañosas y piedemontes; con capacidades portantes 3 Kg/cm ² ; con suelos generalmente del tipo leptosoles, afloramientos líticos y en regiones cerca a la costa del tipo arenosol; con capacidades de uso mayor clasificadas como de protección; con pendiente de 15 a 45 grados. Peligro por Inundación en niveles bajo y muy bajo; distancias a las fallas geológicas de 400 metros a más. Generalmente sin vías; a distancias muy alejadas de las líneas de transmisión; con distancias muy lejanas a la red de desagüe; con distancias muy lejanas a la red de agua potable.	$0.121 \leq V < 0.189$
APTITUD MUY BAJA	Presenta una geología de depósitos eólicos, con geomorfología predominante de mantos de arena; con capacidades portantes menores a los 0.3 Kg/cm ² ; con suelos generalmente de llanuras marítimas y eólicas; con capacidades de uso mayor clasificadas como de protección; con pendiente de 15 a 45 grados. Peligro por Inundación en niveles medio y alto; distancias a las fallas geológicas entre 300 y 400 metros. Generalmente sin vías; a distancias muy alejadas de las líneas de transmisión; con distancias muy lejanas a la red de desagüe; con distancias muy lejanas a la red de agua potable.	$0.066 \leq V < 0.121$

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Resultados de los niveles de aptitud

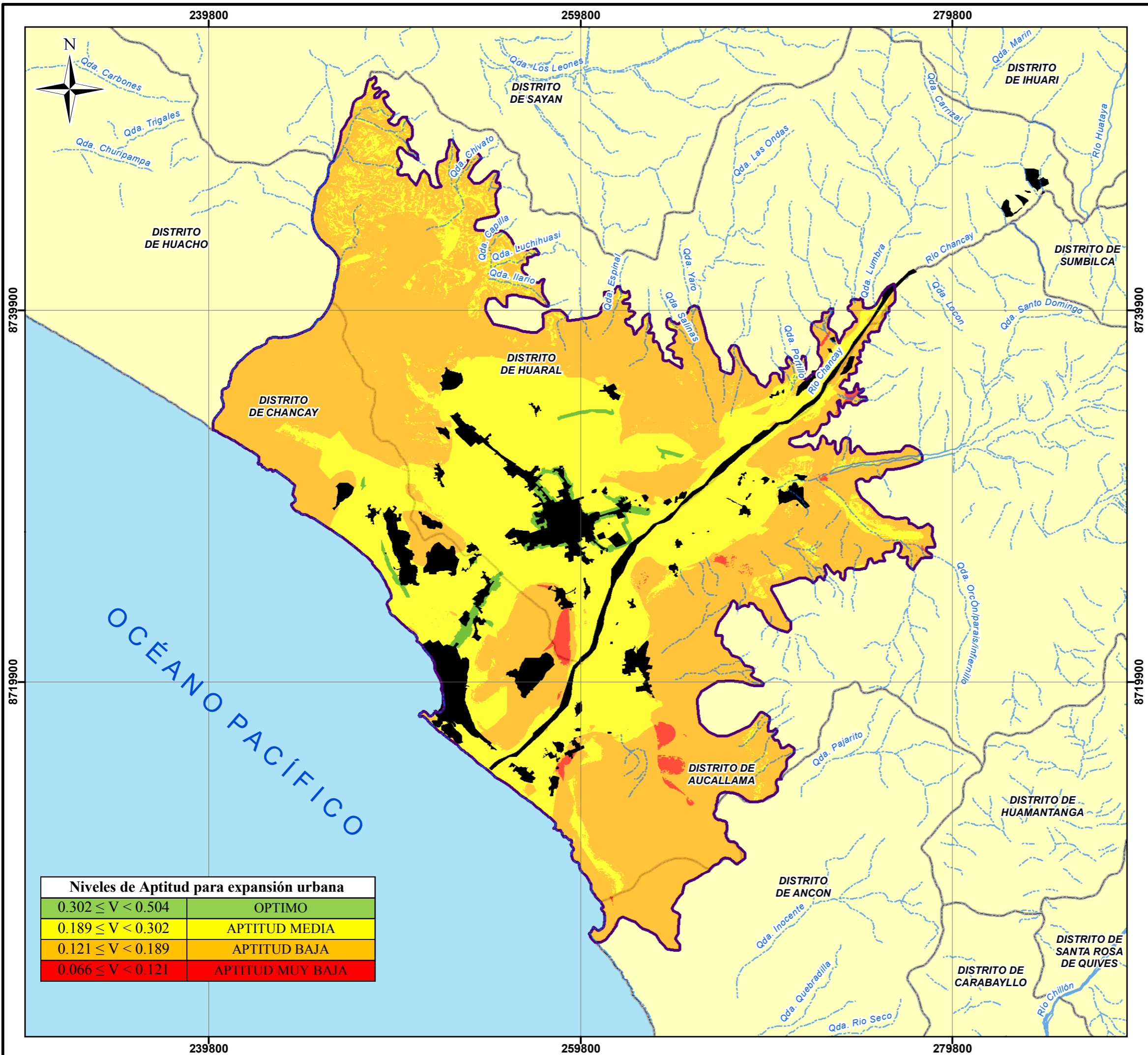
Los resultados obtenidos de los niveles de aptitud para zonas de expansión urbana, con los criterios establecidos mediante la metodología aplicada y con el uso de los sistemas de información geográfica, para la cuenca baja del río Chancay Huaral categorizada como ÓPTIMO tuvo un área total de 728.4 Hectáreas distribuidas principalmente en la jurisdicción de los distritos de Chancay y Huaral; para la categoría de APTITUD MEDIA se tiene un área

de 26 240.5 Hectáreas, la cual se encuentra distribuida en los tres distritos de Aucallama, Huaral y Chancay; para la categoría de APTITUD BAJA se tiene un área de 44 096.5 Hectáreas, la cual se encuentra distribuida en los tres distritos de Aucallama, Huaral y Chancay, y finalmente la categoría de APTITUD MUY BAJA que cuenta con 700.8 Hectáreas distribuida entre Aucallama, Huaral y Chancay, la distribución detallada se da de acuerdo a lo siguiente:

- En el distrito de Huaral, capital de la provincia con el mismo nombre, las áreas categorizadas como ÓPTIMAS suman un total de 463.8 hectáreas que superan a las proyectadas para el año 2027. Las áreas ÓPTIMAS presentan tres marcadas características, la principal tiene características de contigüidad con el núcleo urbano central evidenciando la gran influencia de las infraestructuras de servicios existentes pero en ciertas áreas con presencia de áreas expuestas a inundaciones mientras que las dos áreas restantes ubicadas al norte de la ciudad muestran influencia de condiciones físicas muy favorables sin presencia de algún tipo de peligrosidad de inundación o falla geológica cercana y con cercanía a vías asfaltadas y a la red de distribución eléctrica que le dan los valores necesarios para ser consideradas ÓPTIMAS. Para las categorías de APTITUD MEDIA, APTITUD BAJA Y APTITUD MUY BAJA, para el distrito se tienen las siguientes áreas 13957.8 Ha, 18268.5 Ha y 220.3 Ha respectivamente.
- En el distrito de Chancay, las áreas categorizadas como ÓPTIMAS suman un total de 264.6 hectáreas que representan 82.36% de las proyectadas para el año 2027. Las áreas ÓPTIMAS presentan tres marcadas características, la principal ubicada al norte de Chancay que se extiende a lo largo de la carretera asfaltada que conecta a la ciudad de Chancay con la de Huaral, uniendo a la vez a los centros poblados urbanos de Torre Blanca, Buena Vista y Quepe Pampa, esta área tiene 170.4 hectáreas categorizadas

como ÓPTIMAS, al norte de la ciudad de Chancay se presentan tres áreas donde la más extensa de 67.8 hectáreas se ubica a lo largo de la carretera panamericana norte aproximadamente a la altura del kilómetro 90, paralelo al centro poblado urbano Pampa Libre donde se ve la influencia de las condiciones físicas y de infraestructura de servicios como la cercanía a la vía asfaltada y cercanía a la red de distribución eléctrica, por último tenemos dos áreas pequeñas, una localizada al norte del centro urbano de Chancayllo sobre la panamericana norte y la última localizada contiguamente al centro urbano Cerro la culebra. Para las categorías de APTITUD MEDIA, APTITUD BAJA Y APTITUD MUY BAJA, para el distrito se tienen las siguientes áreas 5092.9 Ha, 8314.1 Ha y 56.4 Ha respectivamente.

- En el distrito de Aucallama, se presenta solo áreas con APTITUD MEDIA, APTITUD BAJA Y APTITUD MUY BAJA, las cuales tienen un área de 7189.8 Ha, 17513.9 Ha y 424.5 Ha respectivamente, esto principalmente por el déficit de infraestructuras de servicios existentes, ya que estas se concentran en el centro del casco urbano donde las zonas periféricas de esta no cuentan con servicios de desagüe y agua potable siendo los más usados los silos subterráneos y pozos de agua respectivamente.



Niveles de Aptitud para expansión urbana	
$0.302 \leq V < 0.504$	OPTIMO
$0.189 \leq V < 0.302$	APTITUD MEDIA
$0.121 \leq V < 0.189$	APTITUD BAJA
$0.066 \leq V < 0.121$	APTITUD MUY BAJA

MAPA DE UBICACIÓN



Escala: 1:200,000



Proyección UTM Zona 18 Sur
Datum Horizontal de Referencia WGS84

LEYENDA

- Capital de distrito
- Río
- Qda. Seca
- Vía Asfaltada
- Vía Afirmada
- Trocha
- Área de estudio
- Límite Distrital
- Océano Pacífico
- Factor Limitante

Niveles de Aptitud para Zonas Optimas

- OPTIMO
- APTITUD MEDIA
- APTITUD BAJA
- APTITUD MUY BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOGRÁFICA

Tesis:
 ANALISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHANCAY - HUARAL

ZONAS OPTIMAS

Elaborado por: Julio C. Cruz Fernandez	Fecha: Marzo del 2019	Mapa N°: 21
---	--------------------------	----------------

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Municipalidad Provincial de Huaral.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

Al cotejar los resultados de la investigación, con la bibliografía citada y antecedentes vemos concordancias y diferencias como se explica a continuación:

1. Los resultados de la presente investigación tienen dos coincidencias en cierto medida con la propuesta en el Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Huaral, la primera coincidencia se sitúa a lo largo de la carretera que une a la Ciudad de Huaral con la ciudad de Chancay denominándola “Conurbación Chancay-Huaral” tomando el criterio de desarrollo económico como factor jerárquico predominante sin una metodología que precise el resultado propuesto, en comparación a la presente investigación que identifica, evalúa y jerarquiza diferentes factores y las variables que la componen mediante una metodología científica catalogada como compleja, que para este caso jerarquizo los factores de infraestructura de servicios ante los factores físicos y de peligrosidad. Los resultados obtenidos nos dan un área de expansión urbana de 321.7 hectáreas proyectadas al 2027 mientras que la propuesta del Plan de Acondicionamiento Territorial solo indica que está estimada para un largo plazo. La segunda coincidencia se da en el distrito de Aucallama donde la propuesta del Plan de Acondicionamiento Territorial la categoriza como “Valle” donde nuevamente se jerarquiza el aspecto económico ya que la describe con condiciones agrologicas privilegiadas para la agricultura por mantener características sociales y económicas en el medio rural, por otro lado los resultados obtenidos para esta área nos indican aptitudes aceptables de urbanización, ya que la falta de infraestructura de servicios no le dan los valores necesarios para llegar a ser categorizadas como óptimas.

2. Respecto a los resultados del estudio “Determinación de áreas con aptitud para la expansión urbana con fines de ordenamiento Territorial aplicando el análisis multicriterio caso: Cuenca baja del rio Lurín” se tiene múltiples áreas optimas que sirven como alternativas que cumplen las características del objetivo trazado así como diferentes criterios y factores seleccionados para el análisis multicriterio lo que deja en evidencia que cada área geográfica necesita un tratamiento diferente debido a las características intrínsecas en ellas. Por otro lado, se coincide con la investigación que los procesos de expansión urbana se produjeron dentro de áreas agrícolas lo que podría llevar a un riesgo de disminuir la producción agrícola de la cuenca baja del Rio Chancay – Huaral.

3. El estudio denominado “Simulación de crecimiento urbano mediante Evaluación Multicriterio y Tecnologías de la Información Geográfica en el Gran San Miguel de Tucuman – Argentina” presento diferentes escenarios ponderando de diferentes maneras los factores en su análisis siendo el ambiental, de compromiso y económico que daban como resultados áreas deseables para crecimiento urbano las cuales los compara con el crecimiento real 2001-2009, comprobándose que el crecimiento se asemeja al resultado con la mayor ponderación al factor económico que tenía como variable principal la proximidad a las vías de transporte y en comparación a la presente investigación se toma en el proceso de análisis jerárquico en el factor que se denomina infraestructura de servicios la cual tiene la mayor ponderación por ser actualizada y de precisión gran precisión. Además, la investigación citada aborda una variable de área de conservación natural que no se presenta en el caso de la cuenca baja del rio Chancay – Huaral por la cual no es parte del análisis para el objetivo propuesto.

4. En relación al estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Chancay – INDECI – PNUD PER/02/051 - Ciudades Sostenibles, ya que la metodología de identificación y valoración de peligros se basó en una aproximación de los diferentes peligros localizados en su área de estudio, podemos verificar que existe una área categorizada de peligro medio, zona circundante al centro poblado Quepepampa al que describe como zona donde en épocas de crecidas de caudal se producen inundaciones pasajeras debido a los canales cercanos pero que no implican peligro de infraestructura ni de vidas humanas. Según los resultados de la presente tesis esta área coincidente está presentando aptitud OPTIMA por presentar todas las características favorables para ser urbanizable por lo que se debería evaluar medidas de mitigación que disminuyan las posibles consecuencias de un evento descrito en el estudio de Chancay.

5. En relación al Informe de evaluación de riesgo por intensas precipitaciones pluviales en el área urbana del distrito y provincia de Huaral, la utilización del Proceso de Análisis Jerárquico (APH), el cual es un método del análisis multicriterio, se presentó como base para la evaluación de factores y variables con el objetivo de identificar de áreas para expansión urbana de la presente tesis, ya que con la integración de la información espacial georreferenciada dan lugar a una herramienta que permite a los sistemas de información geográfica las posibilidad de determinar áreas territoriales con aptitudes para otras actividades económicas, sociales, ambientales entre otras para así tener la máxima eficiencia en la ocupación y utilización del territorio.

Dentro de la metodología aplicada para hallar los niveles de aptitud a través de los rangos se da gracias al empleo de la sumatoria lineal ponderada, también se toma como guía la utilizada en la investigación citada ya que las aplica en vulnerabilidad y peligro para finalmente hallar el nivel de riesgo.

6. En relación de los instrumentos técnicos denominados Zonificación Ecológica Económica – ZEE, como son el caso del departamento de Cajamarca o Amazonas, por citar algunos, dentro de los sub modelos de aptitud urbano industrial recomiendan incluir criterios o factores con enfoque de riesgo o peligrosidad, del mismo modo para los casos de escalas a nivel detalle se considera necesaria la inclusión variables como tipos de vías, provisión de servicios básicos e infraestructura de comunicación que concuerda con las variables que integran el factor de infraestructura de servicios y factores de peligrosidad considerados para la presente investigación corroborándose así que su inclusión permite dar resultados más detallados.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

En base a los objetivos fijados y a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Se identificó zonas de expansión urbana en la cuenca baja del río Chancay – Huaral a través del análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica, donde se determinaron tres factores y doce variables agrupados de la siguiente manera: Factores físicos analizado con las variables de tipos de suelos, geotecnia, pendiente, geología, geomorfología y capacidades de uso mayor (CUM); Factores de Peligrosidad analizado con las variables de peligro por inundación y cercanía a fallas geológicas; Factores de infraestructura de servicios analizada bajo las variables de vías y accesibilidad, distancias a la red de distribución de agua potable, distancias a la red de desagüe y distancias a la red de distribución eléctrica. La selección de los factores y variables estuvo influenciada por la bibliografía existente para este tipo de estudios y a la disponibilidad de información espacial con niveles de calidad mínimos para su mapeo.
2. El distrito de Huaral tiene la mayor cantidad de área categorizada como ÓPTIMAS, seguida del distrito de Chancay, las cuales suman un total de 728.4 Ha, es así que las alternativas obtenidas en la cuenca baja del río Chancay Huaral nos indica que para un aprovechamiento eficiente en el proceso de expansión urbana se debe dar en ambos distritos. Para el caso del distrito de Aucallama se hace necesaria la ejecución de proyectos de inversión que incluyan el acceso a servicios básicos e infraestructura vial con capa asfáltica.

Para APTITUD MEDIA se observa que los tres distritos que se encuentran dentro de la zona de estudio (Aucallama, Huaral y Chancay) cuentan con esta categoría, la cual suma un total de 26 240.5 Hectáreas, para APTITUD BAJA se tiene un área total de 44 096.5 Hectáreas, de igual manera en los tres distritos de Aucallama, Huaral y Chancay, y finalmente la categoría de APTITUD MUY BAJA que cuenta con 700.8 hectáreas entre los tres distritos.

3. Se identificaron centros poblados urbanos sobre zonas categorizadas como Aptitud Muy Baja de la siguiente manera: Los centros poblados de “El Ángel Macaton” y “Contigo Perú” del distrito Huaral y el centro poblado “Salinitas” del distrito de Aucallama, esta condición se debe a que se ubican sobre niveles de peligrosidad por inundación de nivel medio y alto y sobre las áreas de posibles daños graves por la existencia de fallas geológicas a las estructuras existentes (Ver mapas N° 20 y 21).

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones

1. Se recomienda se realicen estudios hidrogeológicos, geotécnicos entre otros que sean empleados para la planificación urbana a nivel de detalle para enriquecer el modelo cartográfico y mejorar la precisión de los resultados.
2. Las áreas identificadas de expansión urbana destinadas para fines de habilitación urbana, se recomienda, en las edificaciones, la construcción máxima de 2 pisos y una profundidad mínima de cimentación de 1.50 m de tipo corrida.
3. Fortalecer los estudios de aptitudes de tierras para la urbanización, a nivel de gobiernos locales, tomando en cuenta los factores productivos y de habitabilidad del territorio enfatizando el acceso a los servicios básicos.
4. Incluir en programas de fortalecimiento en la gestión de riesgos a los centros urbanos expuestos a los diferentes niveles de peligrosidad que existen en el área de estudio.
5. Se recomienda trabajar con profesionales en diferentes áreas del conocimiento que conozcan de la temática que se está tratando con un dominio espacial del territorio para reducir la subjetividad que se puede presentar en la calificación de los factores y variables que las componen.
6. En los estudios que impliquen determinar el uso de suelo se recomienda, incluir la participación de la población del área en estudio para tomar en cuenta la visión que tienen de su territorio, así como integrar sus creencias y costumbres.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, L. (2018). Aplicación de tecnologías de información geográfica para la estimación de riesgo en Villa María del Triunfo. Lima -Perú. 188pp.
- Ávila, M. (2000). El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras – Caso Brasil. Santiago: Proyecto Regional “Información sobre tierras y aguas para el desarrollo agrícolas sostenible”. 78 pp.
- Daga, A. (2009). Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con Fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio (2009). Lima – Perú. 99 pp.
- Franco, C. (2011). Desarrollo de un modelo basado en análisis espacial multicriterio para la determinación de unidades de ordenación forestal. Caso departamento de Casanare. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 156 pp.
- Gutierrez, J., Gomez, M., y Bosque, J. (2010). Simulación de crecimiento urbano mediante Evaluación Multicriterio y Tecnologías de la Información Geográfica en el Gran San Miguel de Tucuman (Argentina). 16 pp. Recuperado de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/66645>.
- Grajales, A., Serrano, E., y Hahn, C. (2013). Los Métodos y Procesos Multicriterio para la evaluación. Revista Luna Azul, 36. Colombia: Universidad de Caldas. 285-306.

Instituto de estadística e informática -INEI. (1995). Migraciones internas en el Perú, Capitulo

3.1.1. Lima – Perú. Recuperado de:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0018/cap31001.htm

Juan, L. (2016). Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) al dimensionamiento de sistemas renovables. España: Universidad Politécnica de Valencia. 84 pp.

León, L. (2015). Análisis Económico de la población demográfica. Lambayeque – Perú. 221 pp.

Meneses, M. (2001). Migración, Urbanización y Medio Ambiente en el Valle de Chancay. *Investigaciones Sociales* 5(7), 123 - 150.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en la Elaboración de Planes de Gestión Territorial y Medio Ambiente. Lima – Perú. 232 pp.

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2016). Instrumento Técnico Normativos del Ordenamiento Territorial. Lima – Perú. 478 pp. Recuperado de:
http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Instrumentos_Tecnicos_Normativos_OT.pdf

Municipalidad Provincial de Huaral. (2009). Lamina 2.4.2: Peligros de inundaciones. Estudio de riesgo de la provincia y ciudad de Huaral. Lima-Perú.

- Neyra, A. (2015). Ordenamiento territorial: avances y perspectivas. Orientaciones básicas sobre el Ordenamiento Territorial en el Perú. Lima: Ministerio del Ambiente. 60pp
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarcgy process. Services Sciences, 1. USA: University of Pittsburgh.83-98.
- Toscano Hurtado, G. (2005). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) Como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. (Monografía para optar por el Título de Licenciado en Investigación Operativa) Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 100 pp.
- Valderrama, S. (2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica – Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. Lima: Editorial San Marcos. 495 pp.
- Yaclinzol (2012), Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos. 24 pp. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/yaclinzol/capacidad-portante-13760210>
- Zapata, A. (2013). Sociedad y desarrollo urbano: Lima 1900-1980. Lima: Espacio Público, arte y ciudad. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú. 91 – 112.

IX. ANEXOS

9.1 Panel fotográfico

Centro poblado urbano de pampa libre



Figura N° 1: Fotografías del centro poblado Pampa Libre donde se ve el proceso de expansión urbana sobre laderas empinadas y vías sin asfaltar. (Fuente: Propia)



Figura N° 2: Fotografías de viviendas del centro poblado Pampa Libre que se encuentran sobre suelo de formaciones residuales con pendiente altas. (Fuente: Propia)



Figura N° 3: Fotografías del centro poblado Pampa Libre límite con áreas agrícolas donde se evidencia viviendas en zonas de laderas empinadas. (Fuente: Propia)



Figura N° 4: Fotografías de los límites periféricos del centro poblado Pampa Libre donde se ve viviendas sin servicios básicos y vías sin asfaltar. (Fuente: Propia)



Figura N° 5: Fotografías de los años 2014 y 2019 del centro poblado La Candelaria donde se ve la densificación de las viviendas en el periodo de 5 años sobre las laderas y cima de los cerros (montes islas). (Fuente: Propia)



Figura N° 6: Fotografías del centro poblado Salinitas que se encuentra colindante a la carretera de la Panamericana Norte a la altura del kilómetro 72.5 situada sobre suelos de origen eólico y muy cerca de una falla geológica. (Fuente: Propia)



Figura N° 7: Fotografías del casco urbano del distrito de Aucallama donde se observa algunos sectores sin vías asfaltadas y sin servicios básicos completos. (Fuente: Propia)



Figura N° 8: Fotografías de la zona periférica del casco urbano de Aucallama donde solo se cuenta con el servicio de electricidad extendiéndose a zonas arenosas y sin servicios de agua y alcantarillado. (Fuente: Propia)



Figura N° 9: Fotografías de un proyecto inmobiliario para uso residencial a la altura del kilómetro 86 de la panamericana norte en el distrito de Chancay, dando lugar al cambio de uso agrícola a urbano. (Fuente: Propia)

Carretera camino a la ciudad de Huaral (Vía y electricidad)



Figura N° 10: Fotografías de la carretera que se dirige hacia la ciudad de Huaral desde la panamericana norte, donde el asentamiento de viviendas hace más latente por la actividad económica, accesibilidad (vías asfaltadas) y electrificación. (Fuente: Propia)

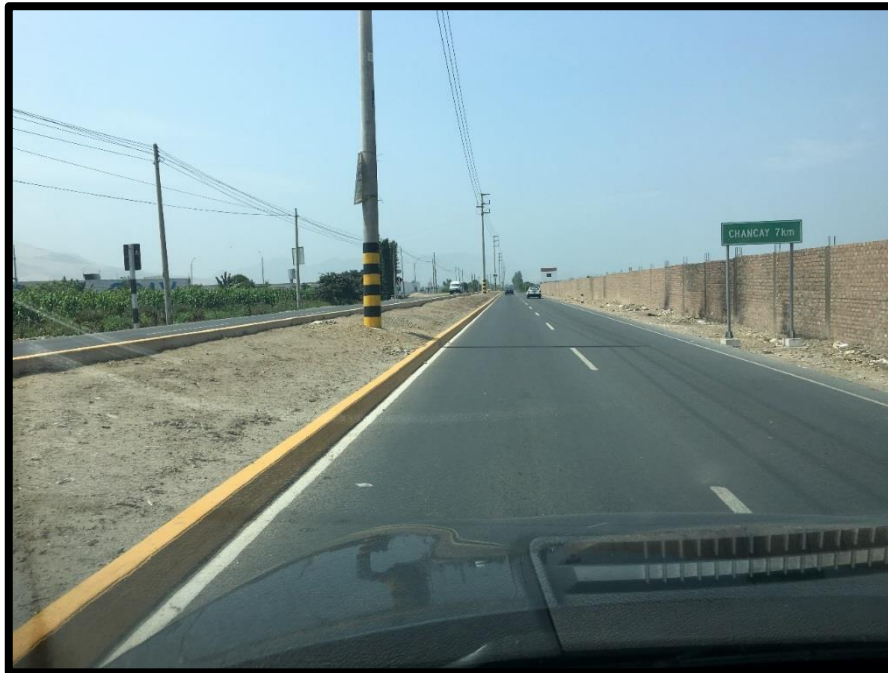


Figura N° 11: Fotografía de la carretera que une la Ciudad de Chancay con la de Huaral donde la vía en toda su trayectoria cuenta con asfaltado, red electricidad y en ciertos segmentos con servicios de saneamiento. (Fuente: Propia)

Entrada a centro poblado urbano Buena vista



Figura N° 12: Fotografía del centro poblado urbano Buena Vista donde la mayoría de viviendas se ubica sobre laderas moderadas con solo servicios de electrificación. (Fuente: Propia)

Salida del centro urbano 28 de julio



Figura N° 13: Fotografías de la zona periférica del centro poblado urbano 28 de Julio donde se observa el cambio en la superficie de la vía de asfaltada a carrozable. (Fuente: Propia)

Centro poblado rural Pueblo libre



Figura N° 14: Fotografías de centro poblado rural Pueblo Libre, colindante a la carretera asfaltada que une a la ciudad de Huaral con el interior del valle, igualmente se visualiza muy cerca la red de distribución eléctrica. (Fuente: Propia)

Carretera camino a palpa



Figura N° 15: Fotografías de la entrada al centro poblado urbano Palpa donde se observa el asentamiento de viviendas colindantes a la vía asfaltada y a la red de distribución eléctrica.
(Fuente: Propia)



Figura N° 16: Fotografías de la vía afirmada que une al centro poblado de Palpa con la de Caqui, en la última imagen se ve el ingreso al centro poblado urbano Caqui y el cambio en la superficie de la vía de afirmada a asfaltada. (Fuente: Propia)



Figura N° 17: Fotografías del centro urbano Tres Estrellas donde se encontró vías afirmadas y solo servicio de electricidad, la zona presenta pendientes moderadas y superficies rocosas.
(Fuente: Propia)

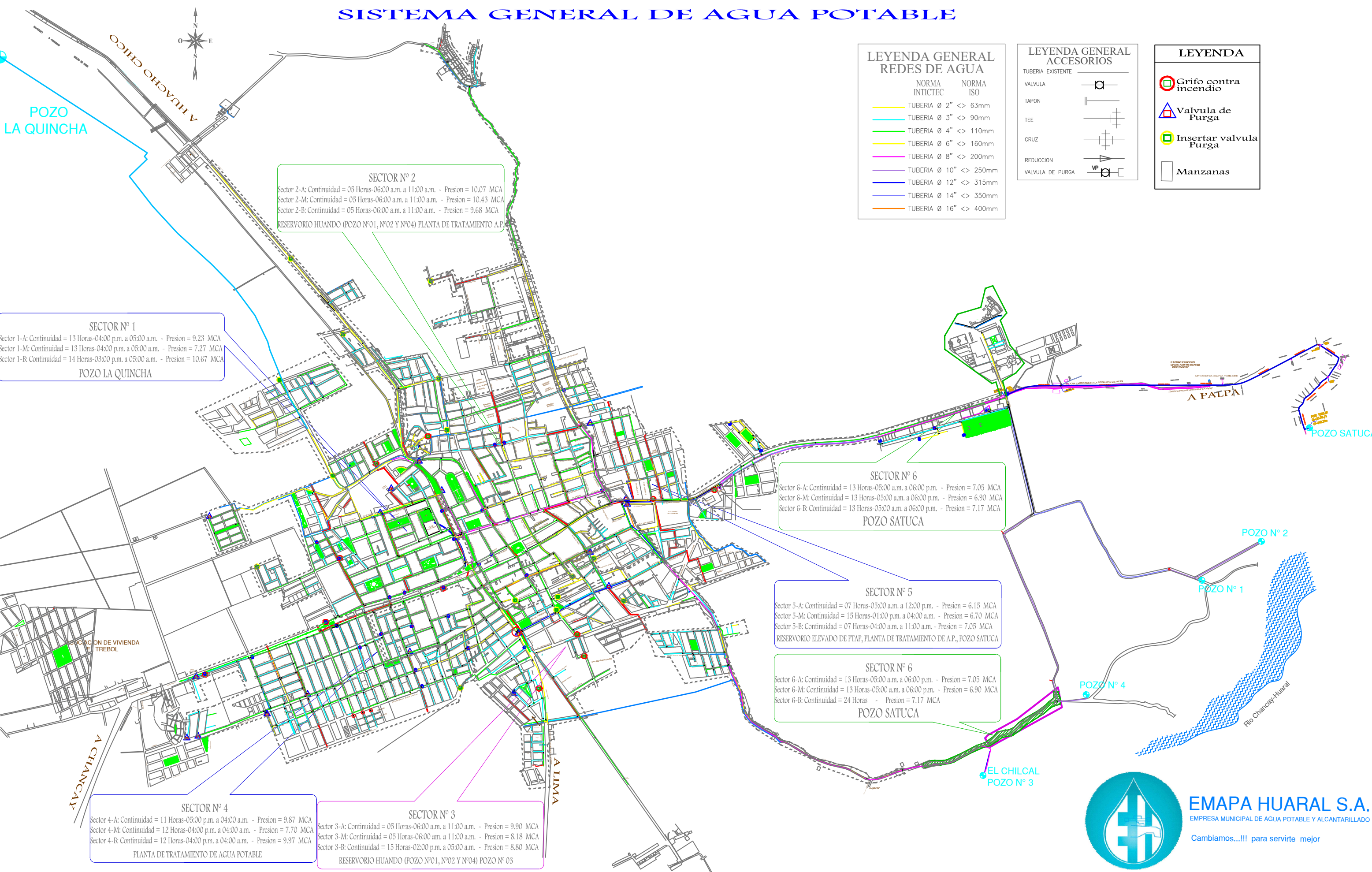
Carretera que une el centro poblado Tres Estrellas con Miraflores



Figura N° 20: Fotografías carretera que une tres estrellas con Miraflores, vía solo afirmada sin red de electrificación en su trayectoria, dentro del centro se encontró la red de distribución eléctrica pero no servicios de agua potable ni saneamiento. (Fuente: Propia)

9.2 Planos de saneamiento y agua potable utilizados para la investigación.

SISTEMA GENERAL DE AGUA POTABLE



LEYENDA GENERAL REDES DE AGUA

NORMA INTICTEC	NORMA ISO
TUBERIA Ø 2" <> 63mm	
TUBERIA Ø 3" <> 90mm	
TUBERIA Ø 4" <> 110mm	
TUBERIA Ø 6" <> 160mm	
TUBERIA Ø 8" <> 200mm	
TUBERIA Ø 10" <> 250mm	
TUBERIA Ø 12" <> 315mm	
TUBERIA Ø 14" <> 350mm	
TUBERIA Ø 16" <> 400mm	

LEYENDA GENERAL ACCESORIOS

TUBERIA EXISTENTE	
VALVULA	
TAPON	
TEE	
CRUZ	
REDUCCION	
VALVULA DE PURGA	

LEYENDA

	Grifo contra incendio
	Valvula de Purga
	Insertar valvula Purga
	Manzanas

SECTOR N° 1
 Sector 1-A: Continuidad = 13 Horas-04:00 p.m. a 05:00 a.m. - Presion = 9.23 MCA
 Sector 1-M: Continuidad = 13 Horas-04:00 p.m. a 05:00 a.m. - Presion = 7.27 MCA
 Sector 1-B: Continuidad = 14 Horas-03:00 p.m. a 05:00 a.m. - Presion = 10.67 MCA
POZO LA QUINCHA

SECTOR N° 2
 Sector 2-A: Continuidad = 05 Horas-06:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 10.07 MCA
 Sector 2-M: Continuidad = 05 Horas-06:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 10.43 MCA
 Sector 2-B: Continuidad = 05 Horas-06:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 9.68 MCA
RESERVORIO HUANDO (POZO N°01, N°02 Y N°04) PLANTA DE TRATAMIENTO A.P.

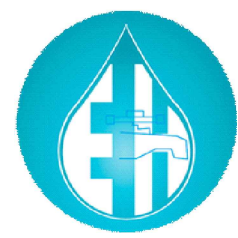
SECTOR N° 6
 Sector 6-A: Continuidad = 13 Horas-05:00 a.m. a 06:00 p.m. - Presion = 7.05 MCA
 Sector 6-M: Continuidad = 13 Horas-05:00 a.m. a 06:00 p.m. - Presion = 6.90 MCA
 Sector 6-B: Continuidad = 13 Horas-05:00 a.m. a 06:00 p.m. - Presion = 7.17 MCA
POZO SATUCA

SECTOR N° 5
 Sector 5-A: Continuidad = 07 Horas-05:00 a.m. a 12:00 p.m. - Presion = 6.15 MCA
 Sector 5-M: Continuidad = 15 Horas-01:00 p.m. a 04:00 a.m. - Presion = 6.70 MCA
 Sector 5-B: Continuidad = 07 Horas-04:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 7.05 MCA
RESERVORIO ELEVADO DE PTAP, PLANTA DE TRATAMIENTO DE A.P., POZO SATUCA

SECTOR N° 6
 Sector 6-A: Continuidad = 13 Horas-05:00 a.m. a 06:00 p.m. - Presion = 7.05 MCA
 Sector 6-M: Continuidad = 13 Horas-05:00 a.m. a 06:00 p.m. - Presion = 6.90 MCA
 Sector 6-B: Continuidad = 24 Horas - Presion = 7.17 MCA
POZO SATUCA

SECTOR N° 4
 Sector 4-A: Continuidad = 11 Horas-05:00 p.m. a 04:00 a.m. - Presion = 9.87 MCA
 Sector 4-M: Continuidad = 12 Horas-04:00 p.m. a 04:00 a.m. - Presion = 7.70 MCA
 Sector 4-B: Continuidad = 12 Horas-04:00 p.m. a 04:00 a.m. - Presion = 9.97 MCA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

SECTOR N° 3
 Sector 3-A: Continuidad = 05 Horas-06:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 9.90 MCA
 Sector 3-M: Continuidad = 05 Horas-06:00 a.m. a 11:00 a.m. - Presion = 8.18 MCA
 Sector 3-B: Continuidad = 15 Horas-02:00 p.m. a 05:00 a.m. - Presion = 8.80 MCA
RESERVORIO HUANDO (POZO N°01, N°02 Y N°04) POZO N° 03

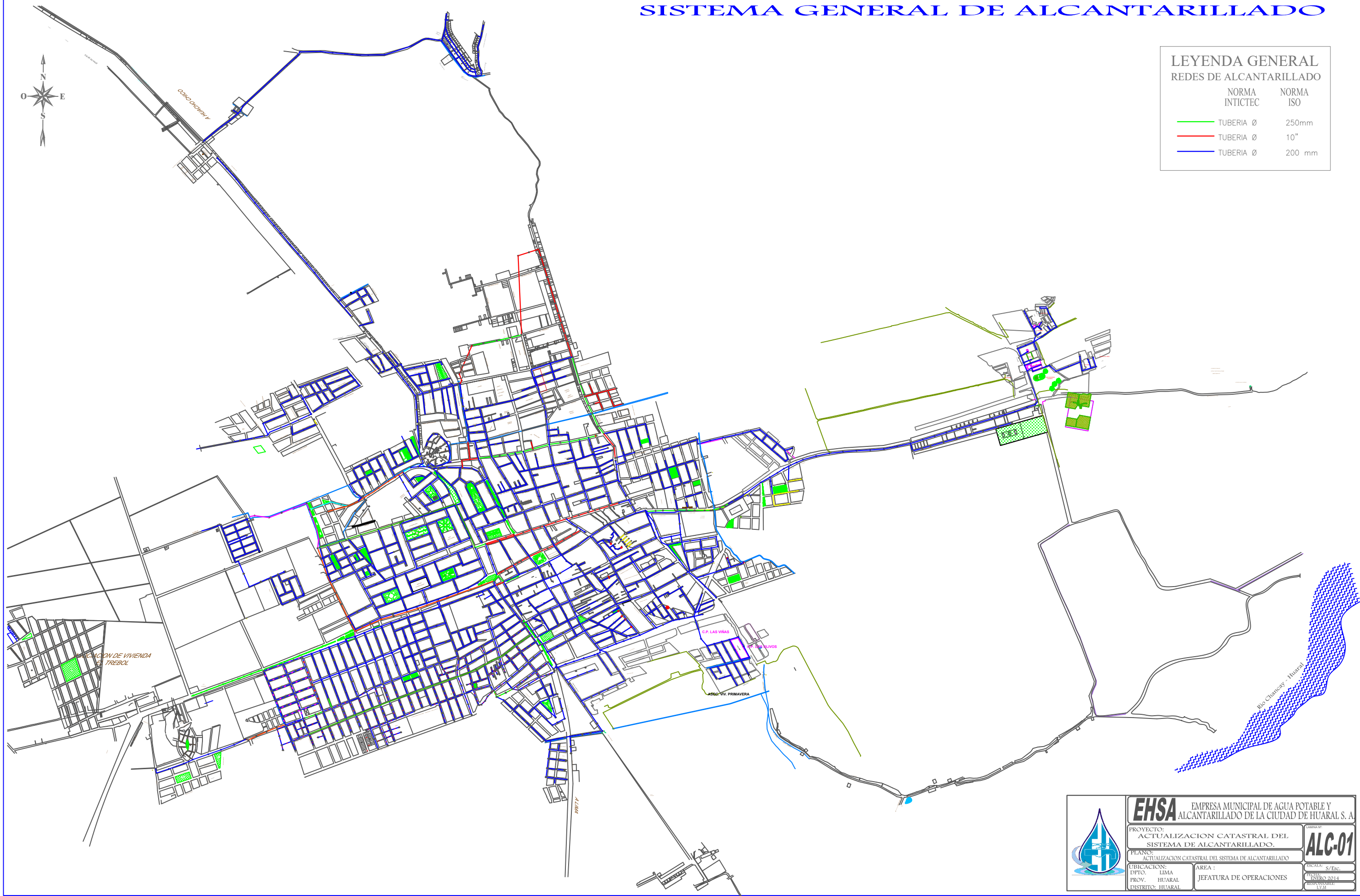


EMAPA HUARAL S.A.
 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
 Cambiamos...!!! para servirte mejor

SISTEMA GENERAL DE ALCANTARILLADO

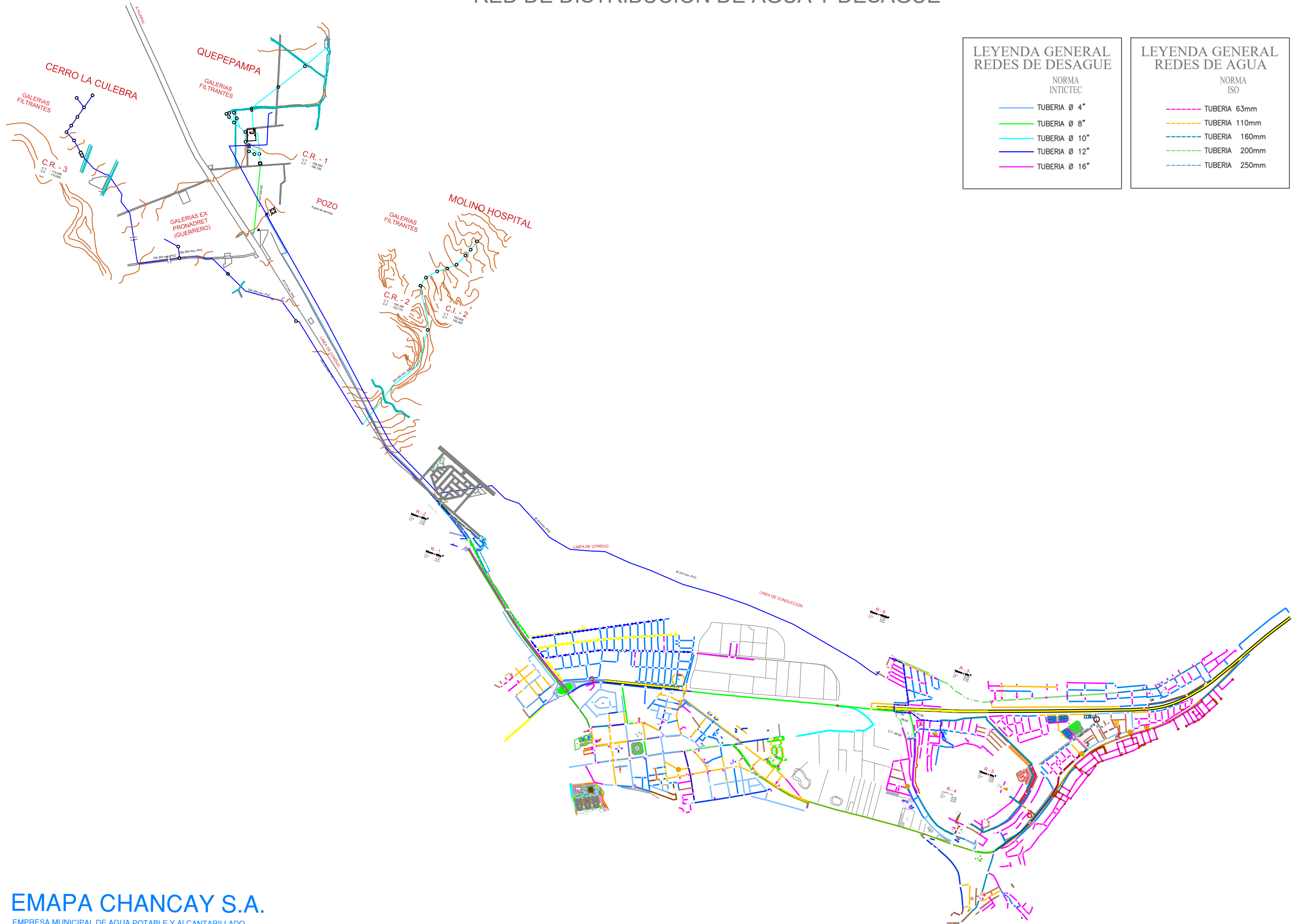


LEYENDA GENERAL REDES DE ALCANTARILLADO		
	NORMA INTICTEC	NORMA ISO
	TUBERIA Ø	250mm
	TUBERIA Ø	10"
	TUBERIA Ø	200 mm



	EhSA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE HUARAL S. A.		ALC-01
	PROYECTO: ACTUALIZACION CATASTRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.		
	PLANO: ACTUALIZACION CATASTRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO		
	UBICACION: DPTO. LIMA PROV. HUARAL DISTRITO: HUARAL	AREA: JEFATURA DE OPERACIONES	

RED DE DISTRIBUCION DE AGUA Y DESAGUE



LEYENDA GENERAL REDES DE DESAGUE

NORMA INTICTEC

- TUBERIA Ø 4"
- TUBERIA Ø 8"
- TUBERIA Ø 10"
- TUBERIA Ø 12"
- TUBERIA Ø 16"

LEYENDA GENERAL REDES DE AGUA

NORMA ISO

- TUBERIA 63mm
- TUBERIA 110mm
- TUBERIA 160mm
- TUBERIA 200mm
- TUBERIA 250mm