

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IDENTIFICACIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO EN  
ZONAS DE PENDIENTE PARA EVALUAR EL RIESGO SÍSMICO**

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

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL**

**Bach. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR**

**Asesor: PHD.ING.ESTRADA MENDOZA, MIGUEL**

**LIMA-PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, amigos y profesores quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

Vania Cabello Rivadeneyra

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Jersson Yahir Sotelo Fuentes

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestros profesores y familiares por brindarnos apoyo durante todo el desarrollo de la tesis.

Vania Cabello Rivadeneyra y Jersson Sotelo  
Fuentes

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	16
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	19
1.1. Descripción de la realidad problemática.	19
1.2. Descripción y formulación del problema general y específico	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Objetivos de la investigación	20
1.3.1. Objetivo general:	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación	21
1.4.1. Conveniencia.	21
1.4.2. Relevancia social.	21
1.4.3. Aplicaciones prácticas	21
1.4.4. Utilidad metodológica	21
1.4.5. Valor teórico	21
1.5. Importancia	22
1.6. Limitaciones	22
1.7. Delimitación del problema	23
1.8. Alcance	24
1.9. Viabilidad	24

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	25
2.1. Marco Histórico	25
2.2. Investigaciones relacionadas al tema	26
2.2.1. A nivel nacional contamos con los siguientes estudios	26
2.2.2. A nivel internacional contamos con los siguientes estudios	27
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	31
2.3.1. Teledetección	31
2.3.2. Plataformas satelitales	33
2.3.3. Evaluación de riesgo sísmico	35
2.3.4. Proceso de análisis jerárquico	40
2.3.5. Riesgo Sísmico	44
2.4. Definición de términos básicos	45
<b>CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS</b>	47
3.1. Hipótesis o Supuestos teóricos	47
3.1.1. Hipótesis general	47
3.1.2. Hipótesis específicas	47
3.2. Variables	47
3.2.1. Variables Independientes	47
3.2.2. Variables Dependientes	47
3.3. Sistema de variables	48
3.3.1. Definición conceptual	48
3.3.2. Definición operacional	48
3.4. Operalización de la variable	48
<b>CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO.</b>	50

4.1. Método de Investigación	50
4.2. Tipo de Investigación	50
4.3. Nivel de investigación	51
4.4. Diseño de la Investigación	51
4.5. Universo, Población y Muestra	51
4.5.1. Universo	51
4.5.2. Población de estudio	51
4.5.3. Diseño muestra	51
4.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	51
4.7. Fiabilidad y validez de los instrumentos	52
4.8. Descripción de Procedimientos de Análisis	52
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>53</b>
5.1. Análisis de imágenes satelitales para la detección del suelo ocupado entro los años 2002 al 2020	53
5.2. Identificación de las diferentes pendientes en zonas ocupadas por edificaciones	57
5.3. Identificación de las diferentes tipologías de las viviendas	61
5.4. Evaluación de la Vulnerabilidad y Peligro	62
5.5. Riesgo sísmico en las edificaciones existentes	72
5.6. Escenarios Sísmicos	75
5.6.1. Caracterización Del Escenario Sísmico	76
5.6.2. Impacto De Daño Esperado	76
5.6.3. Evaluación De Escenario Sísmico	83
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>88</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	95
<b>RECOMENDACIONES</b>	96
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	97
<b>ANEXOS</b>	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> AA. HH Virgen de Lourdes Año 2020	19
<b>Figura 2</b> Elementos de un sistema de Teledetección	32
<b>Figura 3</b> Combinación de bandas 764-LANDSAT8	34
<b>Figura 4</b> Mapa de microzonificación sísmica-geotécnica para Lima Metropolitana y Callo	37
<b>Figura 5</b> Cuadro de escala de SAATY	40
<b>Figura 6</b> Matriz de Comparación de Pares	42
<b>Figura 7</b> Matriz de Normalización	42
<b>Figura 8</b> Matriz de Vector Ponderación	42
<b>Figura 9</b> Cálculo para el cálculo de RC	43
<b>Figura 10</b> Cálculo del $\lambda_{max}$	43
<b>Figura 11</b> Matriz de doble entrada para el cálculo del riesgo sísmico	44
<b>Figura 12</b> Crecimiento poblacional en el Año 2002	53
<b>Figura 13</b> Crecimiento poblacional en el Año 2020	54
<b>Figura 14</b> Tendencia del Crecimiento Anual-AA.HH. Virgen de Lourdes	55
<b>Figura 15</b> Población en el año 2020 - LandSAT 8	56
<b>Figura 16</b> Población en el año 2020 – LandSAT 7	57
<b>Figura 17</b> Rango de Pendientes Plataforma Global Mapper	58
<b>Figura 18</b> Rango de pendientes plataforma Open Topography	58
<b>Figura 19</b> Pendientes AA. HH. Virgen de Lourdes 2020	59
<b>Figura 20</b> Ubicación de viviendas de acuerdo a las pendientes	60
<b>Figura 21</b> Clasificación de las Viviendas AA.HH. Virgen de Lourdes	61
<b>Figura 22</b> Clasificación de Cimentación AA.HH. Virgen de Lourdes	64
<b>Figura 23</b> Mapa de Peligro Sísmico a nivel de Lotes	66



<b>Figura 24</b> Nivel de Peligro de las viviendas	67
<b>Figura 25</b> Mapa de Vulnerabilidad Sísmica a nivel de lotes	71
<b>Figura 26</b> Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas	72
<b>Figura 27</b> Mapa de Riesgo Sísmico a nivel de Lotes	74
<b>Figura 28</b> Riesgo de las Viviendas	75
<b>Figura 29</b> Relaciones Promedio de Daños para Diferentes Tipos de Construcción	77
<b>Figura 30</b> Valores Unitarios Oficiales de Edificaciones para la Costa	78
<b>Figura 31</b> Descripción de Partidas Vivienda Tipo 01, Estimación de Precio por m2	79
<b>Figura 32</b> Descripción de Partidas Vivienda Tipo 02, Estimación de Precio por m2	80
<b>Figura 33</b> Descripción de Partidas Vivienda Tipo 03, Estimación de Precio por m2	81
<b>Figura 34</b> Relaciones de daños para diferentes tipos de construcción	82
<b>Figura 35</b> Porcentaje de daños de diferentes escenarios sísmicos	84
<b>Figura 36</b> Población 2020 – LANDSAT 8	88
<b>Figura 37</b> Población 2020 del AA. HH Virgen de Lourdes	89

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Bandas del LANDSAT 8	33
<b>Tabla 2</b> Bandas del LandSAT 7	34
<b>Tabla 3</b> Grado de Intensidad Escala Mercalli Modificada	38
<b>Tabla 4</b> Parámetros de Peligro	41
<b>Tabla 5</b> Operalización de las Variable	49
<b>Tabla 6</b> Identificación del suelo ocupado por año	54
<b>Tabla 7</b> Rangos de pendientes	57
<b>Tabla 8</b> Cantidad de lotes en rango de pendientes	60
<b>Tabla 9</b> Tipos de Suelos AA. HH. Virgen de Lourdes	62
<b>Tabla 10</b> Isoperiodos AA.HH. Virgen de Lourdes	63
<b>Tabla 11</b> Capacidad Portante AA. HH. Virgen de Lourdes	63
<b>Tabla 12</b> Pesos de los Parámetros de Peligros	65
<b>Tabla 13</b> Evaluación de Peligro AA.HH. Virgen de Lourdes	65
<b>Tabla 14</b> Factores de Vulnerabilidad	68
<b>Tabla 15</b> Pesos de los Parámetros de Vulnerabilidad	69
<b>Tabla 16</b> Evaluación de la Vulnerabilidad AAHH. Virgen de Lourdes	70
<b>Tabla 17</b> Niveles de riesgo AA.HH. Virgen de Lourdes	73
<b>Tabla 18</b> Impacto de Intensidad del Sismo	82
<b>Tabla 19</b> Impactos esperados en las edificaciones del AA. HH Virgen de Lourdes	83
<b>Tabla 20</b> Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento sísmico de Intensidad VII	85
<b>Tabla 21</b> Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento Sísmico de Intensidad VIII	86

**Tabla 22** Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento Sísmico de  
Intensidad IX

87

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia	100
Anexo 2 Imagen de LandSAT 8 del 2020 del AA. HH Virgen de Lourdes	102
Anexo 3 Imagen del LandSAT 8 de cobertura en zona urbana	102
Anexo 4 Imagen satelital LandSAT 7, Año 2020	103
Anexo 5 Mapa de Población Urbano en el 2002 del AA.HH. Virgen de Lourdes	104
Anexo 6 Mapa de Población Urbana en el 2008 del AA. HH Virgen De Lourdes	105
Anexo 7 Mapa de Población Urbana en el 2009 del AA. HH Virgen De Lourdes	106
Anexo 8 Mapa de Población Urbana en el 2010 del AA. HH Virgen De Lourdes	107
Anexo 9 Mapa de Población Urbana en el 2011 del AA. HH Virgen De Lourdes	108
Anexo 10 Mapa de Población Urbana en el 2012 del AA. HH Virgen De Lourdes.	109
Anexo 11 Mapa de Población Urbana en el 2013 del AA. HH Virgen De Lourdes	110
Anexo 12 Mapa de Población Urbana en el 2014 del AA. HH Virgen De Lourdes	111
Anexo 13 Mapa de Población Urbana en el 2015 del AA. HH Virgen De Lourdes	112
Anexo 14 Mapa de Población Urbana en el 2016 del AA. HH Virgen De Lourdes	113
Anexo 15 Mapa de Población Urbana en el 2017 del AA. HH Virgen De Lourdes	114
Anexo 16 Mapa de Población Urbana en el 2018 del AA. HH Virgen De Lourdes	115
Anexo 17 Mapa de Población Urbana en el 2019 del AA. HH Virgen De Lourdes	116
Anexo 18 Mapa de Población Urbana en el 2020 del AA. HH Virgen De Lourdes	117
Anexo 19 Mapa de Pendientes del AA. HH Virgen De Lourdes en el 2020- Plataforma Open Topography	118
Anexo 20 Mapa de Pendientes Correspondiente a la Plataforma Global Mapper – AA.HH Virgen De Lourdes- Villa María del Triunfo 2020	119
Anexo 21 Mapa de Riesgo Sísmico a nivel de Lotes del AA.HH. Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	120

Anexo 22 Mapa de Peligro a nivel de Lotes del AA.HH. Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	121
Anexo 23 Mapa de Vulnerabilidad a nivel de Lotes del AA. HH. Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	122

## RESUMEN

La masiva presencia de crecimiento informal asentadas sobre quebradas y zonas de pendientes es un problema que continúa desarrollándose en la actualidad. El objetivo de la investigación es identificar a través del procesamiento de imágenes satelitales multitemporales las zonas de ocupación urbana para evaluar el riesgo sísmico en las laderas de las colinas en el AAHH. Virgen de Lourdes perteneciente al distrito de Villa María Del Triunfo

Se usaron diferentes plataformas satelitales: LandSat 7, LandSat 8, Geo Eye y herramientas SIG para la identificación del suelo ocupado en zonas de pendiente entre los años 2002-2020. Con el uso del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales de CENEPRED y la aplicación del método de análisis jerárquico y herramientas SIG se pudo evaluar el riesgo sísmico al que se encuentran expuestas estas viviendas a partir de factores y parámetros que caracterizan la vulnerabilidad y peligro. Obteniendo que la expansión urbana en la zona de estudio dentro de los años 2002 al 2020 ascendió aproximadamente en un 75% y que el 53% de las viviendas se encuentran clasificadas dentro de un Riesgo Alto

Por lo tanto, se concluye que, se puede identificar el crecimiento urbano a partir del procesamiento de imágenes satelitales en zonas de pendientes y que estas viviendas están expuestas a un nivel alto de riesgo sísmico. Y pueden ser identificadas a partir del procesamiento de imágenes satelitales por medio de herramientas SIG.

Palabras clave: Crecimiento Urbano, Herramientas SIG, Saaty, Plataformas Satelitales, Riesgo Sísmico.

## **ABSTRACT**

The massive presence of informal growth settled on streams and slopes is a problem that continues to develop today. The objective of the research is to identify, through multitemporal satellite image processing, the urban occupation zones to assess the seismic risk on the slopes of the hills in the AAHH. Virgin of Lourdes belonging to the district of Villa María Del Triunfo

Different satellite platforms were used: LandSat 7, LandSat 8, Geo Eye and GIS tools for the identification of the occupied land in sloping areas between the years 2002-2020. With the use of CENEPRED's Manual for the Evaluation of Risks caused by Natural Phenomena and the application of the hierarchical analysis method and GIS tools, it was possible to evaluate the seismic risk to which these dwellings are exposed based on factors and parameters that characterize vulnerability. and danger.

Obtaining that the urban expansion in the study area within the years 2002 to 2020 amounted to approximately 75% and that 53% of the homes are classified as High Risk Therefore, it is concluded that urban growth can be identified from the processing of satellite images in sloping areas and that these homes are exposed to a high level of seismic risk. And they can be identified from satellite image processing through GIS tools.

**Keywords:** Urban Growth, GIS Tools, Saaty, Satellite Platforms, Seismic Risk.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día muchos peruanos tienen que suplir las necesidades que no hay en las localidades como, estudios, oportunidades de trabajo, búsqueda de un terreno para vivir, lo que los conlleva a movilizarse hacia la capital, es por ello que el mayor crecimiento de Lima en su periferia es informal. Esa situación afecta directamente al urbanismo debido a una baja capacidad de gestión territorial y urbanística por parte de los Municipios y entidades públicas.

El distrito de Villa María del Triunfo, es un claro ejemplo de este problema, pues desde antes de inicios del año dos mil, viene experimentando una expansión considerable, presentando desde entonces un déficit como ente planificador de ordenamiento territorial por parte del municipio, generándose el fenómeno de Ampliaciones y Asentamientos Humanos que debido al desconocimiento y a la informalidad ocupan zonas no habitables, tales como, zonas de pendientes altas, de difícil acceso de los servicios; exponiendo sus vidas como la integridad de sus viviendas.

Con lo expuesto líneas arriba la presente investigación muestra interés en identificar el crecimiento poblacional en zonas de pendiente entre los años 2002 al 2020 con la aplicación de herramientas SIG y el procesamiento de imágenes satelitales a través del tiempo. De esta manera al presentarse una sobrepoblación informal en zonas poco o nada habitables, evaluar el riesgo sísmico al que se encuentran expuestas.

La importancia de la tesis radica en mostrar la utilidad de las plataformas satelitales y herramientas SIG para la identificación del crecimiento urbano, la evaluación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico a las que se encuentran expuestas estas viviendas. Así con los resultados obtenidos impulsar a las entidades vecinales y municipales a un mejor manejo de la gestión del desarrollo urbano y fomenten una cultura de prevención hacia la población y/o futuras poblaciones.

Por último, debido al silencio sísmico que se presenta en el país, estimar daños a partir de sucesos extraordinarios y cuantificar las pérdidas económicas, así de esta manera incentivar a ejecutar construcciones supervisadas por un profesional y la aplicación de normas técnicas.

Para poder explicar la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales para la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020.



- Evaluar diferentes productos por plataformas satelitales para la determinación de las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.
- Identificar las diferentes tipologías de las edificaciones en la zona de estudio para la evaluación de la vulnerabilidad y peligro.
- Establecer escenarios sísmicos para la determinación del riesgo en las edificaciones existentes.

Con el análisis de imágenes satelitales (LandSat 7, LandSat 8 y Geo Eye-1) se identifica el crecimiento urbano informal a través del tiempo en zonas poco o nada habitables por medio de herramientas SIG. De la misma manera, al evaluar los resultados del procesamiento de imágenes adquiridas de las plataformas Global Mapper y Open Topography se obtiene la topografía de la zona y se determinan las pendientes donde se encuentran ubicadas las viviendas de la zona en estudio, resultados que son contrastados por las visitas realizadas a campo.

Al identificar los tipos de viviendas frecuentes en la zona de estudio, los factores y parámetros al que se encuentran expuestas, se permite la evaluación de la vulnerabilidad y peligro a partir de un análisis jerárquico de importancia, de esta manera se decide que parámetros tienen mayor impacto con respecto de otro, llevando la evaluación a resultados más consistentes. Con el producto de la vulnerabilidad y peligro se nos permite obtener el riesgo por sismo al que se encuentran expuestas. Por consiguiente, definida la tipología de vivienda y la ausencia sísmica en el país, se establecen diferentes escenarios sísmicos, con el fin de estimar pérdidas económicas ante la eventualidad de un sismo de posible ocurrencia (de intensidad VII a IX en la escala Mercalli Modificada).

A partir de los resultados se pretende proporcionar información que será de utilidad para los gobiernos locales, generando conocimiento sobre el crecimiento urbano asentados en zonas de pendiente a través del tiempo y el nivel de riesgo sísmico al que se encuentran expuestas, de esta manera poder contribuir con una mejor gestión de desarrollo urbano y una cultura de prevención.

Para el desarrollo de nuestra tesis se presentan los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se exponen el planteamiento y delimitación del problema, dividiéndolo en problema general, el cual abarca toda la tesis y los problemas específicos, también se tiene los objetivos de la investigación, el alcance y justificación.

En el Capítulo II, se presentan las investigaciones relacionadas con el tema de estudio a nivel nacional e internacional, también se aborda la estructura teórica y científica de las

plataformas satelitales y de los sismos, además se tiene la definición de términos básicos para una mejor comprensión.

En el Capítulo III, se presenta la hipótesis, general y específica, lo cual se tendrán que validar y comprobar de acuerdo a los resultados que se obtengan del desarrollo de la tesis, también se expone el sistema de variables, dependiente e independiente y su operacionalización, con ello se puede tener claro cuáles son nuestros indicadores y cómo serán medidos y estudiados.

En el Capítulo IV, se presenta el marco metodológico, el tipo de investigación, el nivel y el universo, población y muestra, que para el presente estudio es

En el Capítulo V, se presentan los procesos que se realizaron para poder evaluar las imágenes satelitales, crecimiento urbano, vulnerabilidad, peligro y riesgo, desde la recopilación de información hasta el procedimiento de evaluación, con el fin presentar los resultados con la mayor precisión en crecimiento urbano, vulnerabilidad, peligro, riesgo y la estimación de daños ante un evento sísmico.

En el Capítulo VI, se presenta la discusión y la contrastación de las hipótesis, donde se explica si están son válidas o no, de acuerdo al desarrollo de los resultados.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática.

Villa María del Triunfo es uno de los distritos más poblados y que se encuentran en constante crecimiento, se caracteriza por la masiva presencia del crecimiento informal, asentadas sobre quebradas y zonas de pendientes que los pobladores no imaginaban habitables, sin embargo, la necesidad de la búsqueda de un terreno para vivir ha hecho que estas zonas de riesgo sean habitables.

El Asentamiento Humano Virgen de Lourdes, forma parte de este fenómeno, ya que a través del tiempo las familias de los pobladores que viven en las zonas bajas han ido asentando sus viviendas hacia las zonas altas de las laderas, en una topografía accidentada y de pendientes pronunciadas.

En la actualidad esta ocupación informal continúa desarrollándose, ya que es favorecida por aquellas entidades que otorgan el título de propiedad sin la participación del municipio distrital ni haber evaluado el riesgo al que se encuentran expuestas, de la misma manera las entidades de servicio de alumbrado y agua contribuyen a la consolidación creciente de nuevas ampliaciones. (PREDES, 2011)

#### Figura 1

AA. HH Virgen de Lourdes Año 2020



Nota: Imagen del AA.HH. Virgen de Lourdes tomada el 26 de julio del 2002 en la visita a campo.

## 1.2. Descripción y formulación del problema general y específico

### 1.2.1. Problema general

¿Cómo se identifica el crecimiento urbano en zonas de pendiente para así determinar su riesgo sísmico, en el distrito de Villa María del Triunfo?

### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera el suelo ocupado entre los años 2002 al 2020 en Villa María del Triunfo puede ser identificado?
- b) ¿Cómo las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones del distrito de Villa María del Triunfo pueden ser determinadas?
- c) ¿De qué manera la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en zonas de expansión urbana de las colinas de Villa María del Triunfo puede ser identificada?
- d) ¿Cómo el riesgo sísmico de las edificaciones existentes ubicadas en las laderas de las colinas de Villa María del Triunfo puede ser evaluado?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. Objetivo general:

Identificar a través del procesamiento de imágenes satelitales multitemporales las zonas de ocupación urbana para evaluar el riesgo sísmico en las laderas de las colinas del distrito de Villa María Del Triunfo.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales para la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020.
- b) Evaluar diferentes productos por plataformas satelitales para la determinación de las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.
- c) Identificar las diferentes tipologías de las edificaciones en la zona de estudio para la evaluación de la vulnerabilidad y peligro.
- d) Establecer escenarios sísmicos para la determinación del riesgo en las edificaciones existentes.

## 1.4. Justificación

### 1.4.1. Conveniencia.

La presente investigación es conveniente porque busca identificar la expansión urbana en zonas de pendiente para evaluar el riesgo sísmico al que se encuentran expuestas, con la finalidad de suplir la falta de información por parte de los gobiernos locales.

### 1.4.2. Relevancia social.

A partir de los resultados se pretende proporcionar información que será de utilidad para los gobiernos locales, generando conocimiento sobre el crecimiento urbano asentados en zonas de pendiente a través del tiempo y el nivel de riesgo sísmico al que se encuentran expuestas, de esta manera poder contribuir con una mejor gestión de desarrollo urbano y una cultura de prevención

### 1.4.3. Aplicaciones prácticas

Debido a la necesidad de controlar el crecimiento poblacional en zonas de pendiente y la falta de planificación de ocupación del suelo por parte de los gobiernos locales, se realiza una evaluación de riesgo sísmico a las viviendas ubicadas en las laderas de las colinas, tomando en cuenta los factores de vulnerabilidad y peligro al que se encuentran expuestas. De tal manera que, los resultados aporten conocimiento a las autoridades y puedan ser difundidos para una toma de conciencia de la población sobre los peligros a los que se exponen ubicando sus viviendas en estas zonas de riesgo. Además, se busca contribuir con la mejora de la planificación y gestión del suelo urbano en la localidad.

### 1.4.4. Utilidad metodológica

En la presente investigación se utilizarán las diferentes plataformas satelitales y herramientas SIG, como medio de recolección y procesamiento de datos reales, con la finalidad de crear mapas temáticos que aporten a una mejor gestión de desarrollo urbano.

### 1.4.5. Valor teórico

Los procedimientos y metodologías utilizadas en la presente investigación se pueden emplear en futuras investigaciones que contengan condiciones

similares, ya que hoy en día, esta situación de desorden poblacional es recurrente en muchos distritos de la ciudad capital.

También, se recomienda ejecutar y/o actualizar un plan de desarrollo urbano de Villa María del Triunfo, con el fin de reconocer zonas de ocupación y evitar desorden poblacional informal.

### 1.5. Importancia

La importancia de esta investigación radica en demostrar la utilidad de las plataformas satelitales y herramientas SIG para la identificación del crecimiento urbano y la detección de suelo ocupado en zonas de pendientes a través del tiempo, además de evaluar la vulnerabilidad sísmica a las que se encuentran expuestas estas viviendas y establecer diferentes escenarios sísmicos para determinar su riesgo. Así ampliar los conocimientos de los gobiernos locales e incentivándolos al uso de esta tecnología para una mejor administración de la cobertura terrestre, gestión urbana y una cultura de prevención ante eventos sísmicos.

También se abre paso al uso de metodologías que evalúen a detalle el proceso de estimación de daños a partir de escenarios sísmicos de las diferentes tipologías de vivienda de un sitio determinado, de tal manera, crear fundamentos necesarios para futuras investigaciones que tengan como objeto determinar pérdidas económicas a partir de daños por sismo.

### 1.6. Limitaciones

- No se realizará un análisis estructural de las viviendas, debido a que no es parte del enfoque de la presente investigación.
- Por la emergencia sanitaria actual, Covid-19, los ensayos de mecánica de suelos serán descartados, ya que demandaría actividades adicionales exponiendo la salud de los participantes.
- No se pretende evaluar el impacto ambiental causado por la expansión urbana.
- Por la emergencia sanitaria actual, Covid-19, no se ejecutará charlas o capacitaciones de una cultura de prevención.

- La entidad pública como COFOPRI y la Municipalidad de Villa María no cuentan con los planos catastrales.

### 1.7. Delimitación del problema

#### a) Delimitación del Geográfica:

La presente investigación se desarrollará en el Distrito de Villa María del Triunfo. Ciudad Lima. Perú.

#### b) Delimitación Temporal:

Se evaluará el comportamiento del crecimiento poblacional entre los años 2002-2020.

#### c) Delimitación Temática:

La investigación está dirigida al crecimiento urbano en zonas de pendiente y evaluar su riesgo sísmico.

#### d) Delimitación Muestral:

La presente tesis tiene como punto de investigación el Asentamiento Humano Virgen de Lourdes, cuyo polígono de área de delimitación tiene las siguientes coordenadas:

- Norte:  
X: 292555.07 msnm  
Y: 8656157.68 msnm
- Sur:  
X:291360.14 msnm  
Y: 8654873.67 msnm
- Este:  
X:292194.21 msnm  
Y: 8655372.56 msnm
- Oeste:  
X:291627.13 msnm  
Y: 8655771.56

### 1.8. Alcance

Los resultados obtenidos de la investigación, tales como, la evaluación del crecimiento urbano en zonas de pendientes para la identificación del riesgo sísmico. Podrán ser tomados como referencia para futuras investigaciones relacionadas con el tema, bajo condiciones similares de estudio; ampliaciones urbanas en zonas de pendiente, tipología de edificación, aspectos geológicos.

Así como también, abrir nuevos puntos de interés en dar mejora a una planificación urbana y prevención de riesgo.

### 1.9. Viabilidad

La investigación es viable, pues se cuenta con las herramientas de procesamiento de información, así como; estudios/artículos que mencionan temas de interés similares tales como: crecimiento urbano, riesgo sísmico, procesamiento de imágenes satelitales.

El desarrollo de la presente investigación tiene un tiempo de estudio de 5 meses, y es factible.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Histórico

La migración alto andina hacia la capital del Perú se incrementó sustancialmente a partir del año 1950, desde entonces el mayor crecimiento de Lima en su periferia se ha realizado por invasiones, es por ello que la escasez de tierra por urbanizar en Lima se hace cada vez más crítica; las invasiones no son planificadas urbanísticamente y en la actualidad ocupan terrenos que se encuentran en zonas de pendientes pronunciadas.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) estima que aproximadamente un 70% de las viviendas construidas en el Perú son informales, ya que son edificadas por el propietario con la ayuda o por medio de un maestro de obra. Es por ello que se tienen viviendas vulnerables, sobre todo considerando que estas se encuentran ocupando terrenos con peligro natural alto, como cerros en pendiente, presentando un riesgo muy alto o alto para cientos de familias que residen en los asentamientos humanos que rodean Lima, esta situación se agrava debido a que Lima ha crecido explosivamente sobre estas zonas de peligro natural alto. (Kuroiwa, J., 2016)

Debido a las migraciones que se dieron en el año 1950, entre los años 1960-1980, el distrito de Villa María de Triunfo comienza a expandirse sobre los arenales llegando prácticamente a las faldas de las colinas, quebradas altas y zonas de pendiente. A partir del 1990 surgen las ampliaciones sobre las zonas de pendientes y quebradas, que aproximadamente son el 20% de la población total del distrito, la formación de estos asentamientos se produce en lo general debido a que los familiares de los pobladores ubicados en las zonas bajas buscan asentar sus viviendas en la cercanía a sus parientes, sin considerar el peligro al que se encuentran expuestos. Muchas de estas ampliaciones llegan a formar una directiva vecinal que consta de un dirigente, el cual es el encargado de realizar las gestiones para la obtención del título de propiedad. (PREDES, 2011).

Hay que tomar en cuenta que en la actualidad, Lima se encuentra en un silencio sísmico de 274 años, es decir que desde 1746 no ha ocurrido un sismo importante, por lo que en cualquier momento se puede producir un sismo fuerte en la capital, a este factor se le agrega que la mayoría de las construcciones en el país son informales y están asentadas sobre suelos inadecuados, es por ello que existe la

probabilidad de que estas viviendas colapsen total o parcialmente. (GESTIÓN, 2020)

## 2.2. Investigaciones relacionadas al tema

### 2.2.1. A nivel nacional contamos con los siguientes estudios

Miyasiro, M.G., y Ortiz, M.A., (2016) determinan la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera entre los años 1986 y 2014 mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales multiespectrales y multitemporales. (pág. 16)

Por medio de un análisis de verdor realizado mediante el índice de vegetación por diferencia normalizada de imágenes satelitales disponibles determinó dos superficies con potencial de cubrirse de vegetación denominadas “normal” y “extraordinaria”, Las áreas base para las épocas normal y extraordinaria fueron 2221.30 ha y 4099.60 ha, respectivamente. De la extensión de la cobertura vegetal de lomas en época normal, 584.5 ha (26.3 %) fueron convertidas a suelo urbano y 76.0 ha (3.4 %) fueron convertidas a suelo minero. Asimismo, en el caso de épocas extraordinarias como la ocurrencia del fenómeno El Niño, 1265.7 ha (30.9 %) fueron convertidas a suelo urbano y 226.5 ha (5.5 %) fueron convertidas a suelo minero. (pág. 132)

Daga, R. (2009), aplica el Análisis Espacial Multicriterio para determinar las áreas con aptitud para la expansión urbana con fines de ordenamiento territorial en la cuenta baja del Río Lurín:

Demostró que con el Análisis Espacial Multicriterio apoyado con el sistema de información Geográfica, localizó áreas que reúnan las condiciones necesarias para su habilidad en términos de vivienda y acceso de servicios básicos, que a su vez se encuentran en armonía con el medio ambiente, para lo cual se evaluó los aspectos físicos, sociales y económicos del área de estudio, luego analizó tres alternativas de expansión para priorizarlas tomando en cuenta la población beneficiada y su comunicación con el resto de la ciudad. A partir del Análisis Espacial

Multicriterio, se llegó a determinar la mejor alternativa para la expansión al sur de Lima, sin poner en riesgo las áreas agrícolas y teniendo acceso a los servicios básicos. (p. 3)

Basurto, R., (sf), determina la vulnerabilidad sísmica del distrito de San Luis bajo un análisis cualitativo y cuantitativo, beneficiando a casi 150,000 habitantes ya sean permanentes o flotantes, disminuyendo el impacto socioeconómico de la zona. (pág. 6)

Por medio del método de evaluación rápida llamado Diagnóstico de la Respuesta Sísmica en viviendas de Albañilería realizado por el Dr. Carlos Zavala, la Ing. Patricia Gibu y el Ing. Rafael Salinas se evalúa la respuesta sísmica de las edificaciones del distrito. (pág. 6). Donde el 61% presenta una vulnerabilidad alta, el 30% media y el 09% baja, la gran parte de las edificaciones presentan un grado de vulnerabilidad entre media y alta, esto se debe a la antigüedad de las viviendas y a su construcción informal.

La autora en su estudio concluye que la vulnerabilidad social aumenta la vulnerabilidad física ante sismos, pues la población no está preparada. (pág. 149)

#### 2.2.2. A nivel internacional contamos con los siguientes estudios

Aldogom, y otros, (2019), en este artículo los autores realizan el análisis espacio-temporal para identificar el crecimiento urbano en la ciudad de Dubai, EAU, cuyo resumen se presenta a continuación:

*“Integrated technologies of remote sensing and geographic information system (GIS) facilitate urban growth detection and its relation to population distribution. In this study Multi-temporal, medium-resolution Landsat images were used to detect and analyse the urbanization trend in Dubai over the last three decades (1986-2019). Moreover, the influence of urbanization on the aspects of smart city tendency was investigated. The study methodology consisted of three parts. First, classification algorithms along with change detection, segmentation, and extraction of urban areas were used to obtain land Use/land Cover (LULC) maps. Second, Shannon's entropy was used to investigate Dubai's growth toward compact or sprawl city based on two city centres and a major highway. Finally,*

*CA-Markov, associated with the digital elevation model and road map of Dubai, was used to simulate the urban change for 2030, 2050, and 2100. With more than 90% overall accuracy, the statistical analysis for LULC percentages and Shannon's entropy values indicated that Dubai experienced a considerable increase in urban fabric while maintaining a compact growth. CA-Markov model estimated 3% urban growth by 2030, which would result in potential loss of green areas and open spaces. This study could be used in improving planning and management methods to achieve sustainable urban growth”.*

“Las tecnologías integradas de teledetección y el sistema de información geográfica (SIG) facilitan la detección del crecimiento urbano y su relación con la distribución de la población. En este estudio, se utilizaron imágenes LandSat multitemporales de resolución media para detectar y analizar la tendencia de urbanización en Dubai durante las últimas tres décadas (1986-2019). Además, se investigó la influencia de la urbanización en los aspectos de la tendencia de las ciudades inteligentes. La metodología del estudio consta de tres partes. Primero, se utilizaron algoritmos de clasificación junto con detección de cambios, segmentación y extracción de áreas urbanas para obtener mapas de Uso del suelo / Cobertura del suelo (LULC). En segundo lugar, la entropía de Shannon se utilizó para investigar el crecimiento de Dubai hacia una ciudad compacta o en expansión basada en dos centros urbanos y una carretera principal. Finalmente, CA-Markov, asociado con el modelo de elevación digital y la hoja de ruta de Dubai, se utilizó para simular el cambio urbano para 2030, 2050 y 2100. Con más del 90% de precisión general, el análisis estadístico para los porcentajes de LULC y la entropía de Shannon Los valores indicaron que Dubai experimentó un aumento considerable en el tejido urbano manteniendo un crecimiento compacto. El modelo de CA-Markov estimó un crecimiento urbano del 3% para 2030, lo que resultaría en una posible pérdida de áreas verdes y espacios abiertos”

Barakat, Aafaf El Jazouli , & Khellouk, (2019), realizan la evaluación SIG-multicriterio utilizando AHP para mapeo de susceptibilidad a

deslizamientos en la cuenca alta de Oum Er Rbia (Marruecos), cuyo resumen se presenta a continuación:

*“High basin of Oum Er Rbia River, which is located in Middle Atlas Mountain region, is prone to landslide problems due to the geological features combined with the climate change and human activities. The present work including inventory mapping was conducted to establish landslide susceptibility map using GIS-based spatial multicriteria approach. Eight landslide-related factors, including land cover, lithology, distance to road, distance to fault, distance to drainage network, elevation, aspect and slope gradient, were selected for the present assessment. Weight for each factor is assigned using Analytic Hierarchy Process (AHP) depending on its influence on the landslide occurrence. The landslide susceptibility map was derived using weighted overlay method and categorized into five susceptible classes namely, very low (VL), low (L), moderate (M), high (H). The results revealed that 30.16% of the study area is at very low risk, 12.66% at low risk, 25.75% of moderate risk, 22.59% of high risk and 9.11% of very high risk area coverage. The very high landslide vulnerability zones are more common within the river valleys on steep side slopes. (pág. 1)”*

“La cuenca alta del río Oum Er Rbia, que se encuentra en la región montañosa del Atlas Medio, es propensa a problemas de deslizamientos de tierra debido a las características geológicas combinadas con el cambio climático y las actividades humanas. El presente trabajo, incluido el mapeo de inventarios, se realizó para establecer un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra utilizando un enfoque multicriterio espacial basado en SIG. Para la presente evaluación se seleccionaron ocho factores relacionados con los deslizamientos de tierra, que incluyen la cobertura del suelo, la litología, la distancia a la carretera, la distancia a la falla, la distancia a la red de drenaje, la elevación, el aspecto y la pendiente de la pendiente. El peso de cada factor se asigna mediante el proceso de jerarquía analítica (AHP) en función de su influencia en la ocurrencia de deslizamientos de tierra. El mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra se derivó mediante el método de superposición ponderada y se

clasificó en cinco clases susceptibles, a saber, muy bajo (VL), bajo (L), moderado (M), alto (H). Los resultados revelaron que el 30,16% del área de estudio es de muy bajo riesgo, el 12,66% de bajo riesgo, el 25,75% de riesgo moderado, el 22,59% de alto riesgo y el 9,11% de cobertura de área de muy alto riesgo. Las zonas de muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra son más comunes dentro de los valles de los ríos en laderas empinadas.” (pág. 1)

Vélez-Castaño, J.D., Betancurth-Montes, G.L., & Cañón-Barriga, J.E., (2020), estudian la erosión y progradación en el delta del río Atrato por medio de un análisis espacio-temporal con Google Earth Engine, cuyo resumen se presenta a continuación:

*“The Atrato River Delta in Northwestern Colombia has experienced notable geomorphological changes in its shoreline in recent years. We analyze these changes, associated with erosion and progradation, using Landsat imagery and Google Earth Engine (GEE) algorithms to automatically identify the changes in an annual basis over 33 years (1986–2019). We compare the results with manual delineations on the same imagery using ArcGIS, obtaining similar outcomes, although GEE is much more efficient in processing large amounts of imagery compared with handmade procedures. We identify with good accuracy trends in erosion and progradation areas along the mouths and sides of the delta. Our algorithm performs well at delineating the shorelines, although special care must be taken to clean the images from clouds and shadows that may alter the definition of the shoreline. Results show that the Atrato delta has lost around 10 km<sup>2</sup> due to erosion and has gained around 18 km<sup>2</sup> in progradation during the period of assessment. Overall, progradation is the dominant process at the delta’s mouths, while erosion is dominant only in areas far from the mouths, which agrees with a river-dominated environment of high sediment loads and is coherent with other studies made in the region. The algorithm in GEE is a versatile tool, appropriate to assess short and long-term changes of coastal areas that do not count with land-based information.” (pág. 83)*

“El delta de río Atrato localizado en el noroccidente de Colombia ha experimentado cambios geomorfológicos en su línea costera recientemente. Analizamos estos cambios, asociados a procesos erosivos y de progradación usando imágenes Landsat y la plataforma Google Earth Engine (GEE) para identificar estos cambios anualmente de forma automática en un periodo de 33 años (1986–2019). Comparamos estos resultados con la delineación manual de la misma línea costera usando las mismas imágenes mediante ArcGIS y se obtuvieron resultados similares. Se destaca que GEE es más eficiente para procesar grandes cantidades de imágenes, comparado con el procedimiento manual. Identificamos tendencias de las áreas pro gradadas y erosionadas con buena precisión en el delta. Nuestro algoritmo realizó una buena delineación de las líneas costeras, previo filtrado de la nubosidad y las sombras de las imágenes puesto que podrían alterar la definición de estas. Los resultados muestran que el delta ha perdido cerca de 10 km<sup>2</sup> debido a la erosión y ha ganado alrededor de 18 km<sup>2</sup> por la progradación. La progradación domina en las bocas del delta, mientras que la erosión en áreas alejadas de estas. Esto concuerda con un delta de dominio fluvial con altas cargas de sedimentos y es coherente con estudios realizados en la misma zona. El algoritmo es una herramienta versátil, apropiada para evaluar cambios en el corto y largo plazo de áreas costeras sin información in situ.”

## 2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1. Teledetección

La teledetección es la técnica que permite capturar imágenes de la superficie terrestre a través de satélites o plataformas aéreas (aviones, helicópteros o vehículos aéreos no tripulados). (Chuvieco, E., 2008, pág. 18)

Los elementos de un sistema de teledetección espacial son los siguientes:

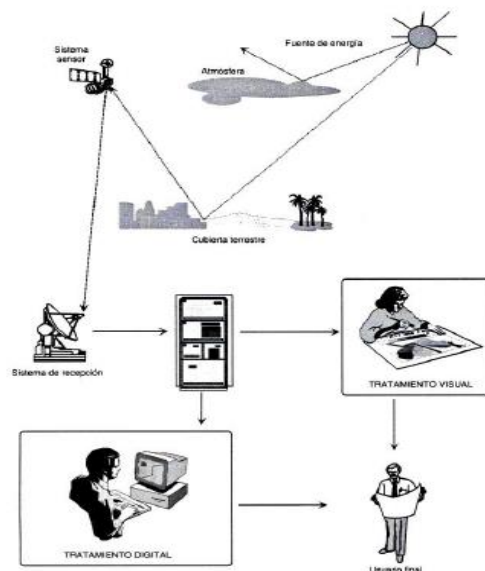
- a) Fuente de energía: es el origen del flujo energético detectado por el sensor. La energía solar es la fuente más importante.
- b) Superficie o cubierta terrestre: constituida por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que perciben la

señal energética procedente de la fuente de energía y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.

- c) Sensor remoto o sistema sensor: está compuesto por el sensor y la plataforma que lo alberga. Tiene la habilidad de captar información espacial sin entrar en contacto con el objeto de estudio, captando la energía del mismo, para codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.
- d) Sistema de recepción: se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado y se realizan las correcciones correspondientes.
- e) Intérprete: es el que analiza la información, a través de un tratamiento visual o digital, convirtiéndola en un resultado temático de interés, para facilitar la evaluación del problema en estudio.
- f) Usuario final: es el que recibe el documento luego de ser interpretado. (Chuvienco,E., 2008, pág. 18)

**Figura 2**

Elementos de un sistema de Teledetección



Notas: Componentes de un sistema de teledetección espacial.  
Tomado de Fundamentos de Teledetección Espacial, (pág. 19), por E. Chuvienco, 2008, Ariel S.A



### 2.3.2. Plataformas satelitales

Se entiende como plataforma satelital a los distintos satélites (LANDSAT, METEOSAT, NOAA, SPOT). Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los satélites LANDSAT 8 y 7

#### ✓ LANDSAT 8:

Es un satélite de resolución media cuya finalidad es proporcionar información para actividades relacionadas con el ámbito estatal, la agricultura, la educación, los negocios y la ciencia. Este satélite contiene dos sensores: OLI (Sensor operacional de imágenes de tierra) y TIRS (Sensor Infrarrojos Térmico)

OLI contiene 9 bandas espectrales con una resolución espacial que oscila entre los 15 y los 30 metros, esto nos ayuda a identificar los diferentes usos que se le da a la tierra.

TIRS contiene 2 bandas espectrales, las que detectan infrarrojos térmicos que nos ayudan a medir la temperatura de la superficie de la tierra (Ambiental, 2019)

**Tabla 1**

Bandas del LANDSAT 8

Bandas	Sensor	Resolución Espacial (m)
1.Ultra Azul	OLI	30
2.Azul	OLI	30
3.Verde	OLI	30
4.Rojo	OLI	30
5.Infrarrojo Cercano (NIR)	OLI	30
6.Onda Corta Infrarrojo	OLI	30
7.Onda Corta infrarrojo	OLI	30
8.Pancromática	OLI	30
9.Cirus	OLI	30
10.Infrarrojo térmico 1	OLI	30
11.Infrarrojo térmico 2	OLI	30

Nota: La presenta tabla contiene los tipos de bandas y resolución espacial que contienen las imágenes satelitales obtenidas del LandSAT 8. Elaboración Propia

Para detectar el suelo ocupado se realiza la combinación de bandas 764 donde las áreas urbanas aparecen en tonos magentas, la parte vegetal en tono verde claro y verde oliva indica áreas forestales. Ramos,D., (2019)

**Figura 3**

Combinación de bandas 764-LANDSAT8



Nota: Combinación de bandas 764 para la detección del suelo urbano en imágenes extraídas del LANDSAT 8.

Tomado de Ramos, D., ( 2019)

✓ LANDSAT 7:

Presenta 8 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros, la banda 8 que es la pancromática es de 15 metros, la imagen obtenida de este tipo de satélite presenta un fallo de línea de escaneo adquiriendo el 75% de los datos de cualquier escena. (NASA, s.f.)

**Tabla 2**

Bandas del LandSAT 7

	Bandas	Sensor	Resolución Espacial
1.	Azul	ETM+	30
2.	Verde	ETM+	30
3.	Rojo	ETM+	30
4.	Infrarrojo Cercano (NIR)	ETM+	30

5. Onda Corta Infrarroja (SWIR)1	ETM+	30
6. Termal	ETM+	30
7. Onda Corta (SWIR) 2	ETM+	30
8. Pancromática	ETM+	15

Nota: La presente tabla contiene los tipos de bandas y la resolución que se obtienen de las imágenes satelitales del LandSAT 7. Elaboración propia

Para detectar el suelo ocupado al procesar las imágenes de este satélite se realiza la combinación de las bandas 742, donde la vegetación se muestra en tonos color verde, las áreas urbanas aparecen en tonos magentas, de verde oliva a brillante indica las áreas forestales. (Jiménez, S.,2016)

### 2.3.3. Evaluación de riesgo sísmico

#### 2.3.3.1. Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (Kuroiwa, 2002).

Para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica se consideraron tres factores: exposición, fragilidad y resiliencia establecidos en el (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales , 2015)

##### ✓ Exposición:

Son las decisiones y prácticas que ubican a las personas en la zona de impacto de un peligro, este se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, a un inadecuado manejo territorial y/o políticas de desarrollo económico no sostenible. Aquí se analizan las unidades sociales expuestas. (CENEPRED, 2015, pág. 122)

✓ Fragilidad:

Indica las condiciones de desventaja o debilidad relacionadas al ser humano y sus medios de vida frente al peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. Se analiza las condiciones físicas de una comunidad, ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de la normativa vigentes sobre la construcción, materiales entre otros (CENEPRED, 2015).

✓ Resiliencia:

Está asociada a las condiciones sociales de la zona de estudio y la organización que tiene la población para recuperarse frente a la ocurrencia de un peligro. (CENEPRED, 2015, pág. 123)

#### 2.3.3.2. Peligro sísmico

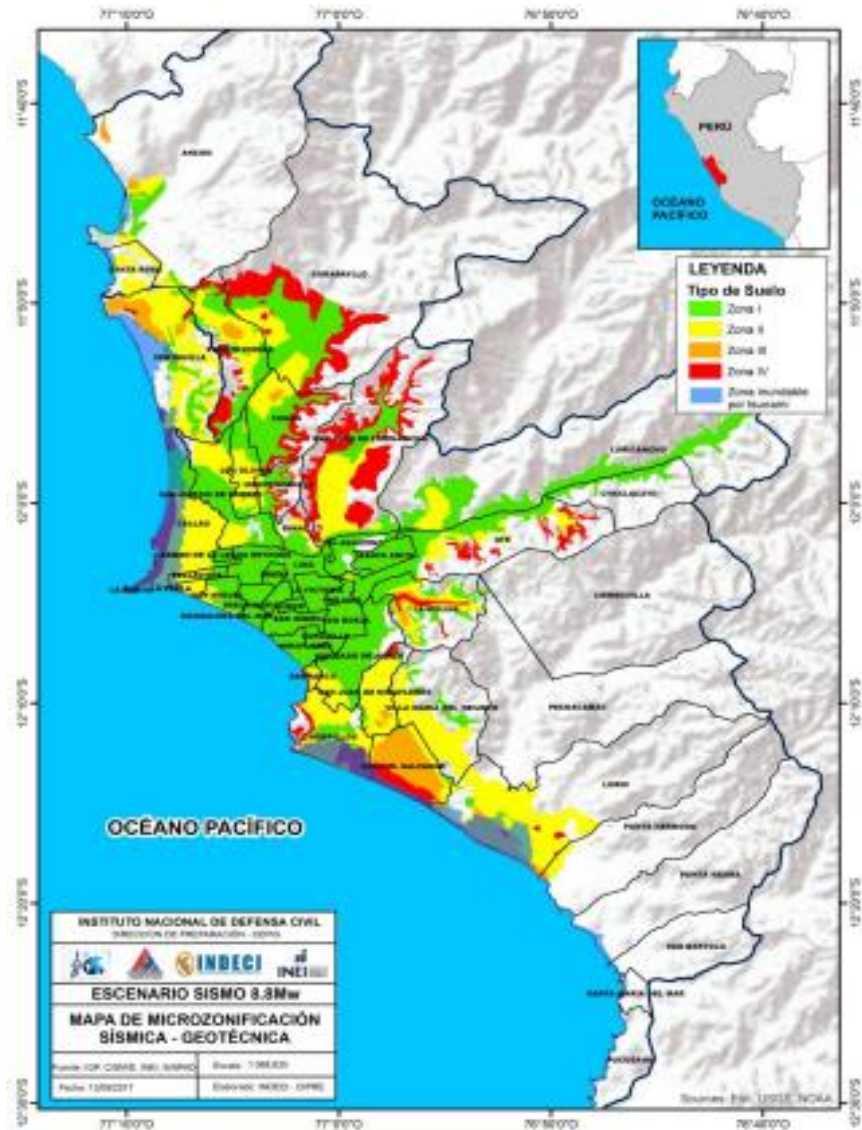
El peligro sísmico depende de la intensidad sísmica a que será sometida la vivienda, el cual depende de la magnitud o tamaño del terremoto, la distancia que ocurre el sismo, pero principalmente las condiciones físicas del emplazamiento, es decir las características del suelo, la topografía y geología del lugar. (Kuroiwa, J., 2016, pág. 22).

Los criterios para definir el peligro por sismo en Perú son:

1. Zonificación de suelo: Mapa de zonificación sísmica-geotécnica elaborado por el CISMID e IGP, en el cual se establecen los tipos de suelos de acuerdo con la Norma E.030. (Ver Figura N°4). (DIPRE, 2017).

**Figura 4**

Mapa de microzonificación sísmica-geotécnica para Lima Metropolitana y Callao



Notas: Tomado de CISMID, (2015)

2. Aceleraciones del suelo: La fuerza sísmica máxima que experimenta una estructura durante un sismo depende de la aceleración máxima del suelo. Para conocer el nivel de aceleración o sacudimiento del suelo que podría experimentar Lima y Callao, se usa el mapa de aceleraciones propuesta por Pulido et al. (2015) para un sismo de magnitud 8.8Mw - 8.9Mw. (DIPRE, 2017)

3. Amplificación del suelo: Permite establecer, de acuerdo al tipo de suelo, los valores de la amplificación del suelo para Lima Metropolitana y Callao. (DIPRE, 2017)
4. Periodo dominante del movimiento del suelo: Tomada de la Norma Técnica E-030 de acuerdo al tipo de suelo. (DIPRE, 2017)

#### 2.3.3.3. Intensidades de un Sismo

Está relacionada a los efectos que provoca un terremoto. Actualmente existen diferentes escalas de intensidad utilizadas alrededor del mundo, sin embargo, la más utilizada es la escala Mercalli Modificada (MM), que es cerrada y tiene doce grados expresados en números romanos (I al XII). La intensidad de un sismo en esta escala de clasificación depende de las condiciones del terreno, la vulnerabilidad de las construcciones y la distancia del epicentro. La escala tiene carácter subjetivo y varía de acuerdo con la severidad de las vibraciones producidas en un lugar determinado, tiene en cuenta los daños causados en las edificaciones, los efectos en el terreno, en los objetos y en las personas. (Figura N°5). (SISMICA, 2008).

**Tabla 3**

Grado de Intensidad Escala Mercalli Modificada

Grado de Intensidad	Descripción
I      Muy Débil	No se advierte, sino por pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables
II      Débil	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios
III      Leve	Se percibe en los interiores de los edificios y casa

IV	Moderado	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	Poco Fuerte	La mayoría de las personas lo perciben aun en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y pueden llegar a derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico
VI	Fuerte	Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir
VII	Muy Fuerte	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o proyectadas. Se dañan los muebles. Caen trozos de mampostería, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos.
VIII	Destructivo	Se hace difícil e inseguro el manejo de los vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.
IX	Muy Destructivo	Pánico generalizado. Todos los edificios sufren grandes daños. Las casas sin cimentación se desplazan. Se quiebran canalizaciones subterráneas, la tierra se fisura.
X	Desastroso	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos y lagos sale proyectada a las riberas
XI	Muy Desastroso	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las cañerías subterráneas quedan totalmente fuera de servicio
XII	Catastrófico	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Nota: Adaptado de (INDECI)

#### 2.3.4. Proceso de análisis jerárquico

Saaty, T., (1980), diseñó este método para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo de análisis jerárquico.

El punto central del PAJ, proceso de análisis jerárquico, es asignar una ponderación a los parámetros descriptores establecidos, relacionados con una decisión y calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios de importancia asignados. Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares.

A continuación, se presenta el cuadro de escala a utilizar para el desarrollo de esta metodología.

**Figura 5**

Cuadro de escala de SAATY

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Nota: La figura explica los criterios los a utilizar para el desarrollo del proceso de análisis jerárquico. Tomado de Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, por CENEPRED, (2015)



De acuerdo al (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales , 2015, pág. 208), se siguieron los 5 pasos para el cálculo de peso de los parámetros descriptores tanto de vulnerabilidad como de peligro. A continuación, damos un ejemplo de los cálculos realizados para el caso de Peligro de nuestra zona de estudio.

✓ PASO 1: Definición de los Parámetros.

En función a los parámetros ya definidos que permiten evaluar el peligro se obtiene el número de filas y columnas de la matriz a ejecutar. Ver tabla N°4

**Tabla 4**

Parámetros de Peligro

Parámetros	Descripción
P1	Tipo de suelo
P2	Tipo de cimentación
P3	Capacidad Portante
P4	Isoperiodos

Nota: Descripción de los parámetros considerados dentro de la evaluación de Peligro.

Elaboración Propia

✓ PASO 2: Comparación de parámetros de acuerdo a la escala SAATY (criterio de importancia):

Se comparó el nivel de importancia de los parámetros ya definidos de acuerdo con la escala SAATY, se realizó la sumatoria total de cada columna y su inversa dando como resultado lo presentado en la siguiente figura.

**Figura 6**

Matriz de Comparación de Pares

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES				
	P1	P2	P3	P4
P1	1.00	0.33	1.00	1.00
P2	3.00	1.00	1.00	4.00
P3	1.00	1.00	1.00	1.00
P4	1.00	0.25	1.00	1.00
$\Sigma P_i$	6.00	2.58	4.00	7.00
$1/\Sigma P_i$	0.17	0.39	0.25	0.14

Nota: Elaboración Propia

## ✓ PASO 3: Normalización de la Matriz

Se elaboró la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente. Se obtuvo como resultado lo presentado en la Figura N°7

**Figura 7**

Matriz de Normalización

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
	C1	C2	C3	C4
C1	0.17	0.13	0.25	0.14
C2	0.50	0.39	0.25	0.57
C3	0.17	0.39	0.25	0.14
C4	0.17	0.10	0.25	0.14

Nota: Elaboración Propia

## ✓ PASO 4: Vector Ponderación

Se determinó el vector ponderación, mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

**Figura 8**

Matriz de Vector Ponderación

	P1	P2	P3	P4	PONDERACIÓN	PORCENTAJE
P1	0.17	0.13	0.25	0.14	0.17	17.21%
P2	0.50	0.39	0.25	0.57	0.43	42.71%
P3	0.17	0.39	0.25	0.14	0.24	23.67%
P4	0.17	0.10	0.25	0.14	0.16	16.41%
$\Sigma$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	100.00%

Nota: Elaboración propia

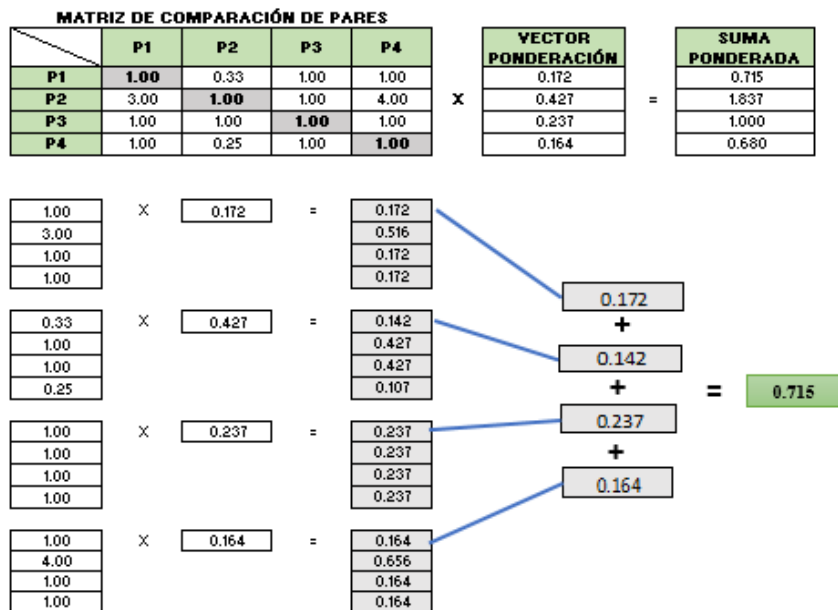
✓ PASO 5: Cálculo de Relación de Consistencia

Se obtuvo una Relación de Consistencia (RC) equivalente al 0.077, menor al 0.1; lo que nos indicó que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Para obtener ese resultado primero se halló el Vector Suma Ponderada, multiplicando la matriz de comparación de pares con el vector ponderación, luego se halló el  $\lambda_{max}$ , que se determinó de dividir los valores del vector suma ponderada y vector priorización por último se halló el índice de consistencia (IC) y con ellos la (RC)

**Figura 9**

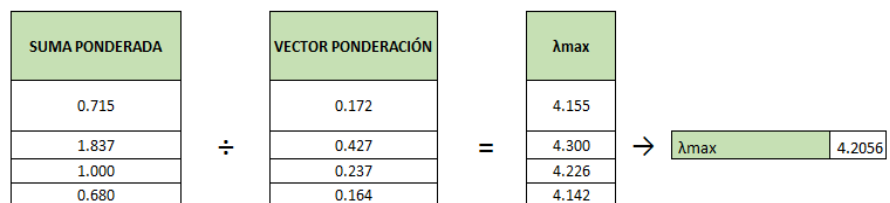
Cálculo para el cálculo de RC



Nota: Elaboración propia

**Figura 10**

Cálculo del  $\lambda_{max}$



Nota: Elaboración propia

### Ecuación 1

Cálculo de IC

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

IC= 0.06855

Nota: Elaboración propia

### Ecuación 2

Cálculo de RC

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

0.0777171

Nota: Elaboración propia

#### 2.3.5. Riesgo Sísmico

El concepto más simple del riesgo sísmico es que es el resultado la Vulnerabilidad de la vivienda por el Peligro sísmico (Kuroiwa, J., 2016) Para estimar el riesgo por sismo, se puede hacer uso de la matriz de doble entrada, en donde los niveles de peligro están reflejados en filas y los niveles de vulnerabilidad en las columnas. (DIPRE, 2017).

**Figura 11**

Matriz de doble entrada para el cálculo del riesgo sísmico

Peligro Muy Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio
P V	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Nota: Tomado de DIPRE, (2017)

#### 2.4. Definición de términos básicos

- a) **Satélite:** Es un equipo que orbita alrededor de la tierra que tiene fines científicos, militares o para las comunicaciones. (Satélites Artificiales, s.f.)
- b) **Crecimiento Urbano:** El aumento (relativo o absoluto) en el número de personas que viven en los pueblos y las ciudades. El ritmo de crecimiento de la población urbana depende del aumento natural de dicha población. (Unicef, s.f.)
- c) **Sistema de Información Geográfica (SIG):** Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas. (ArcGIS Resources, s.f.)
- d) **Peligro sísmico:** Probabilidad de ocurrencia del fenómeno sísmico potencialmente dañino, que se presenta en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia. (Instituto Geofísico del Perú , 2014)
- e) **Vulnerabilidad Sísmica:** La susceptibilidad de la población, la estructura física de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza sísmica. (Kuroiwa, 2002, pág. 122).
- f) **Riesgo sísmico:** Se llama riesgo sísmico a una medida que combina el peligro sísmico, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un período determinado. (Kuroiwa, 2002, pág. 122).
- g) **Exposición:** Se genera por una relación no apropiada con el ambiente, a mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, Ministerio de Defensa)
- h) **Fragilidad:** Indica las condiciones de desventaja o debilidad relacionadas al ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. Aquí se analizan las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno. (CENEPRED, Ministerio de Defensa)
- i) **Resiliencia:** Capacidad de las personas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, adsorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de

incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro. (CENEPRED, Ministerio de Defensa)

- j) Intensidad Sísmica: Refiere a la medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular. Los valores de intensidad se denotan con números romanos en la escala de intensidades de Mercalli modificada. (Ambiente, 2012)
- k) Capacidad Portante de los suelos: Capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. (Zegarra, J.,2018)
- l) Suelos Residuales: se llama residual, al suelo formado producto de la meteorización que se mantiene en el mismo lugar de origen. A diferencia de los suelos producto del transporte y deposición, estos están relacionados con los materiales del lugar, clima y topografía. (Zegarra, J.,2018)
- m) Roca: Sólido cohesionado que está formado por uno o más minerales. (Zegarra, J., 2018)
- n) Arena: Conjunto de las partículas de rocas silíceas y de otro tipo que se suelen acumular en la costa. Estas partículas disgregadas, que miden de 0,063 a 2 milímetros. (Zegarra, J., 2018)
- o) Material de Relleno: Material de suelo que se añade a otro con el fin de mejorar, suplantar, o por simple erosión. (Zegarra, J., 2018)

## **CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS**

### 3.1. Hipótesis o Supuestos teóricos

#### 3.1.1. Hipótesis general

Al procesar de manera multitemporal las imágenes satelitales de la zona en estudio, se puede identificar el crecimiento urbano en zonas de pendiente de tal manera que se puede identificar su exposición al riesgo sísmico en el distrito de Villa María del Triunfo.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a) Al analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales se identifica la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020
- b) Al evaluar diferentes productos producidos por plataformas satelitales se determina las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.
- c) Al determinar las diferentes tipologías de las edificaciones en el área de estudio se identifica su vulnerabilidad sísmica.
- d) Al establecer escenarios sísmicos se determina el riesgo en las edificaciones existentes.

### 3.2. Variables

#### 3.2.1. Variables Independientes

Se define como variable independiente cuantitativa discontinua al término Crecimiento Urbano ya que este será medido a partir de la expansión del área de estudio, teniendo como unidad (km<sup>2</sup>/año).

#### 3.2.2. Variables Dependientes

Se define como variable dependiente cualitativa al término Evaluación del riesgo sísmico, porque será evaluado de manera descriptiva, que a su vez mantiene una naturaleza ordinaria al clasificar su grado de exposición: muy alto, alto, medio y bajo.

### 3.3. Sistema de variables

#### 3.3.1. Definición conceptual

- Crecimiento Urbano: Es el crecimiento del número de personas que viven en los pueblos y/o ciudades. (Unicef, 2012)
- Riesgo Sísmico: Es la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas producidas por un terremoto igualen o excedan valores predeterminados, para una localización o área geográfica dada. (Muñoz,D., 1989).

#### 3.3.2. Definición operacional

- Crecimiento Urbano: Evaluar el crecimiento mediante el procesamiento de imágenes satelitales por el uso de un SIG.
- Identificación del riesgo Sísmico: Será medido a través de matriz de peligro por vulnerabilidad.

### 3.4. Operalización de la variable

En la tabla N°5 se presenta la operalización de la variable de la presente investigación.



**Tabla 5**

Operalización de las Variable

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE	UNID. DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO	herramientas	
Riesgo Sísmico	Peligro Sísmico	Microzonificación	Isoaceleraciones	seg		Microtrepidador		
		Geología Local	Tipo de Suelo				Cuadro de tipo de suelo, isoperiodos, capacidad portante	
	Exposición		Capacidad Portante de los suelos		Kg/cm2	Cuantitativa		
			Localización de la vivienda de acuerdo a su topografías/pendiente		Grados	Cualitativa		
	Evaluación de fragilidad		Tipo de edificación por el material de construcción					Software SIG, procedimiento, tablas de caracterización y matrices
			Proceso Constructivo		Adimensional	Cualitativa		
	Vulnerabilidad Sísmica	Resiliencia		Responsabilidad				Mapas temáticos de peligro sísmico, Vulnerabilidad Sísmica, Riesgo Sísmico, Cuadro de pérdidas económicas
				Intensidad		Intensidad Local	Mercalli	
	Escenario Sísmico		Cuadro de Daños		Adimensional	Cualitativa		
			Estimación de Pérdidas		Soles	Cuantitativa		
Crecimiento urbano	Procesamiento de imágenes satelitales	Imágenes Satelitales	Mapa temático del crecimiento urbano entre los años 2002-2020	m2	Cuantitativa	Satélite Landsat 7, 8 y Geo eye		

Nota: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO.**

### **4.1. Método de Investigación**

La investigación se desarrolló por el método deductivo partiendo del procesamiento de imágenes multitemporales para la identificación del crecimiento urbano y de parámetros para la evaluación del riesgo sísmico, de esta manera se buscará demostrar la relación entre los fenómenos a estudiar. También, presenta una orientación aplicada, porque se utilizó herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG), para identificar el crecimiento urbano en zona de pendiente y con ello generar mapas temáticos sobre el nivel de riesgo al que están expuesto. Además, su enfoque es mixto, ya que de manera cualitativa se podrá identificar los factores de vulnerabilidad sísmica a través de visitas a campo y de manera cuantitativa se identificará el crecimiento urbano en m<sup>2</sup> y se evaluará el riesgo sísmico a través del proceso de análisis jerárquico.

Finalmente, la fuente de recolección de datos es retro lectiva, ya que existen información relacionada al tema, como artículos, manuales, informes, así como plataformas digitales que nos permitirán obtener información real a través del tiempo.

### **4.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación a desarrollarse es descriptivo-correlacional:

#### **a) Descriptivo**

- ✓ Se describirá la ocupación en zonas de pendiente a través del tiempo.
- ✓ Se describirán las diferentes tipologías de edificaciones en la zona de estudio.
- ✓ Se describirán los diferentes parámetros para evaluar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en la zona estudio.

#### **b) Correlacional:**

- ✓ Se relacionan la expansión urbana, el tipo de edificación y el nivel de riesgo sísmico.

#### 4.3. Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel descriptivo, pues se logró describir la ocupación urbana en zonas de pendiente a través del tiempo, los diferentes parámetros para la evaluación del riesgo y las diferentes tipologías de viviendas ubicadas en la zona de estudio.

#### 4.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, ya que no se realizó la manipulación de las variables pues fueron observadas en su ambiente natural, para luego ser analizadas. También es retrospectivo, pues se recolectó los datos del área de estudio de distintas fuentes de información. Además, es transversal ya que nuestras variables son observadas por única vez en el presente estudio.

#### 4.5. Universo, Población y Muestra

##### 4.5.1. Universo

El universo será la Ciudad de Lima.

##### 4.5.2. Población de estudio

Se tomará como población de estudio las zonas del distrito de Villa María del Triunfo ubicado en pendiente. Provincia de Lima, departamento de Lima.

##### 4.5.3. Diseño muestra

La muestra tomada para la investigación, son las viviendas ubicadas en las zonas de pendiente en Villa María del Triunfo, específicamente el Asentamiento Humano Villa de Lourdes.

#### 4.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- ✓ Se realizarán capturas fotográficas in situ de acuerdo a las vistas ejecutadas.
- ✓ Se recopilarán imágenes satelitales en diferentes periodos de tiempo mediante diferentes plataformas virtuales.
- ✓ Se utilizarán técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales mediante un SIG.

- ✓ Se analizará la información existente, tales como artículos, mapas. Asimismo, el procedimiento de recolección de datos.
- ✓ Se solicitará información a entidades públicas, como: COFOPRI.

#### 4.7. Fiabilidad y validez de los instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación para el desarrollo de la evaluación del riesgo sísmico fue el Manual para la Evaluación de Riesgo originados por Fenómenos Naturales validado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, también se utilizó el Método SAATY, desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980).

#### 4.8. Descripción de Procedimientos de Análisis

- ✓ Se realizó el comparativo del procesamiento de imágenes satelitales extraídas de diferentes plataformas para la evaluación del crecimiento urbano en zonas de pendientes.
- ✓ Se procesó imágenes satelitales obtenidas del Google Earth en el Global Mapper para obtener las pendientes de las zonas con suelos ocupados
- ✓ Se identificó la tipología de las viviendas en la zona de estudio.
- ✓ Se determinará los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad y el peligro sísmico, se utilizó el proceso de análisis jerárquico, para la determinación de los pesos de éstos.
- ✓ De acuerdo a la escala Mercalli Modificada se evaluó diferentes escenarios sísmicos para estimación de pérdidas económicas en la zona

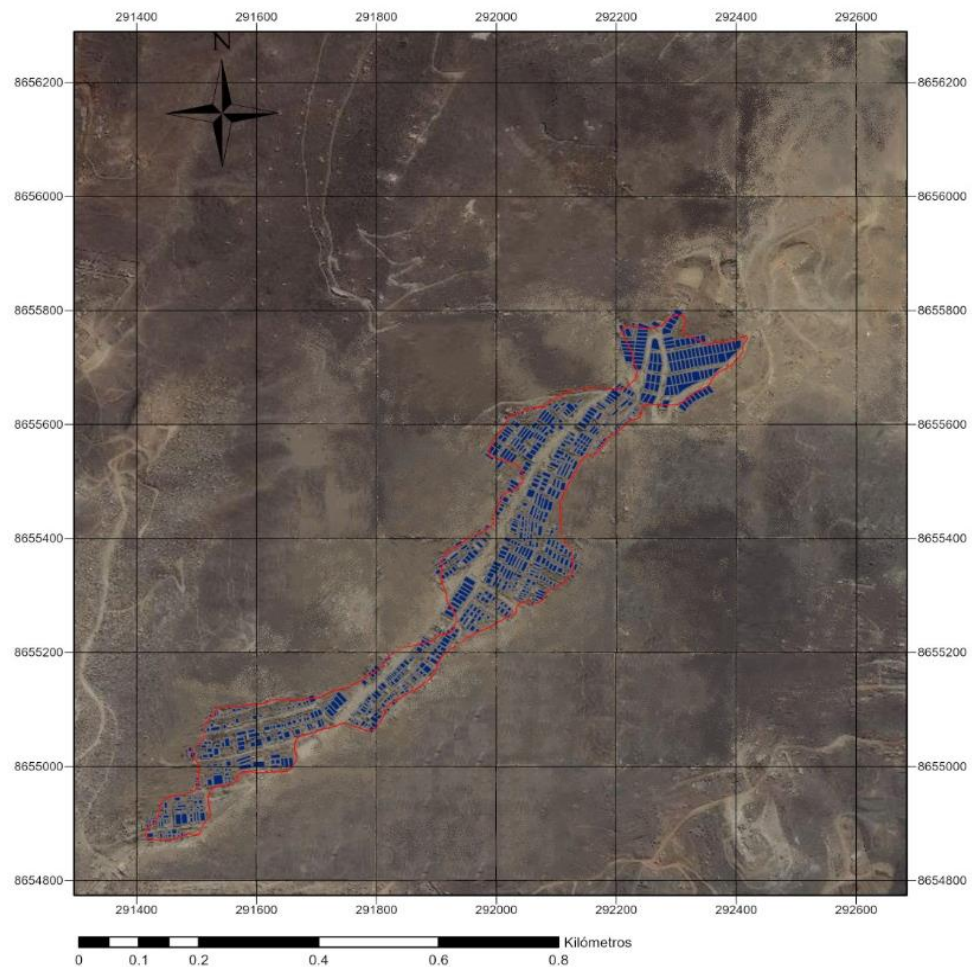
## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis de imágenes satelitales para la detección del suelo ocupado entre los años 2002 al 2020

Se procesó las imágenes satelitales multitemporales extraídas de la plataforma Google Earth y se llevó a cabo la delimitación de la población urbana de la zona de estudio, en la cual se identificó que en el 2002 se tenían 746 viviendas y en el 2020 la cantidad de lotes aumentaron llegando a un total de 2311 viviendas identificando así un 75% de sobrepoblación con respecto al 2002, como se puede apreciar en la Tabla N°6.

**Figura 12**

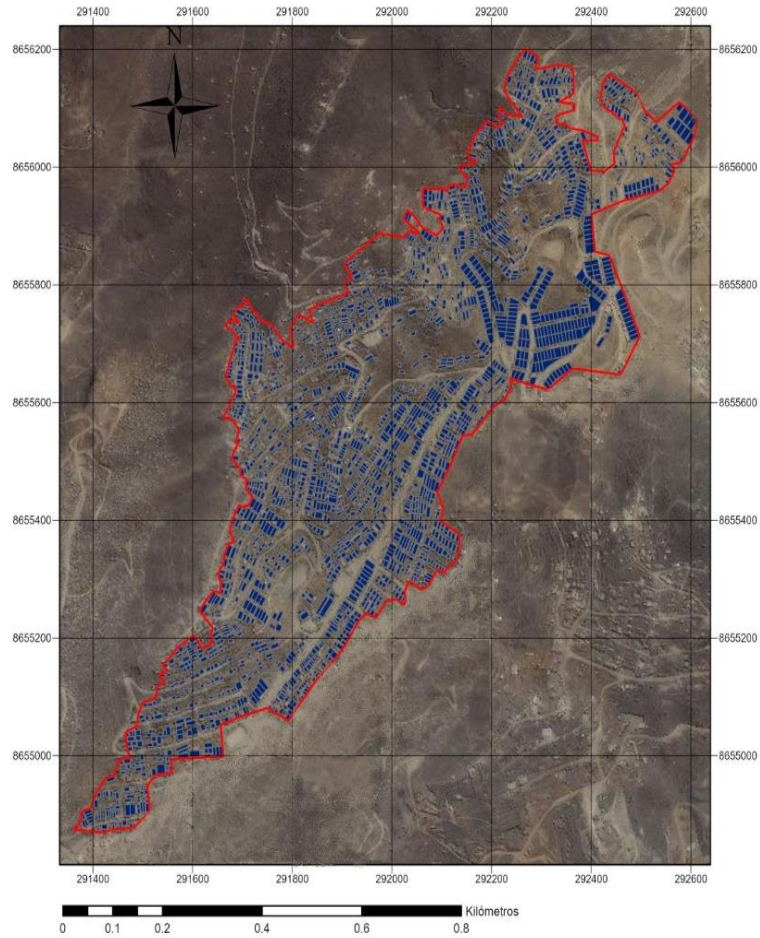
Crecimiento poblacional en el Año 2002



Nota: La presente imagen muestra el crecimiento población en el año 2002 del AA.HH. Virgen De Lourdes. Extraído de la plataforma Google Earth.

**Figura 13**

Crecimiento poblacional en el Año 2020



Nota: La imagen representa el crecimiento poblacional en el año 2020 del AA.HH. Virgen de Lourdes. Extraído de la plataforma Google Earth.

**Tabla 6**

Identificación del suelo ocupado por año

Año	Cantidad de Lotes	Suelo Ocupado (m2)
2020	2311	508060.67
2019	2247	501209.41
2018	2284	497703.55
2017	2272	486541.80
2016	2252	484459.02
2015	2247	483134.64
2014	2190	476042.27

2013	2186	467519.83
2012	2118	465964.26
2011	1890	380141.32
2010	1711	319321.85
2009	1055	203769.23
2008	1023	193954.68
2005	891	160077.49
2002	746	127421.81

Nota: La tabla presenta la cantidad de lotes y suelo ocupado detectado a partir del procesamiento de imágenes extraídas del Google Earth entre los años 2002 al 2020.  
Elaboración Propia

De la Tabla N°6. Se observó que el crecimiento poblacional entre los años 2002 al 2008 es mínimo, a diferencia de los años 2009 al 2012 cuyo crecimiento fue abrupto, interpretándose como un desorden poblacional, tal como se distingue en la Figura N°14

**Figura 14**

Tendencia del Crecimiento Anual-AA.HH. Virgen de Lourdes



Nota: En la figura, la curva representa el crecimiento poblacional a través del tiempo. Elaboración Propia

Con el objetivo de comparar diferentes productos de plataformas satelitales se obtuvieron las imágenes de los satélites LandSat 7 y LandSat 8. Para poder obtener información de estas imágenes, se mejoró la resolución espacial fusionando la imagen multiespectral con la pancromática, siendo esta última de mejor resolución. Además, se combinaron las bandas para la detección del suelo urbano, en el LandSat 7 la combinación fue 742 y 764 para las imágenes extraídas del LandSat 8. Sin embargo, pese a las correcciones y combinaciones de bandas realizadas no se pudo identificar la zona de estudio debido a las interferencias locales como la nubosidad y el polvo que afectan la calidad de la imagen.

**Figura 15**

Población en el año 2020 - LandSAT 8

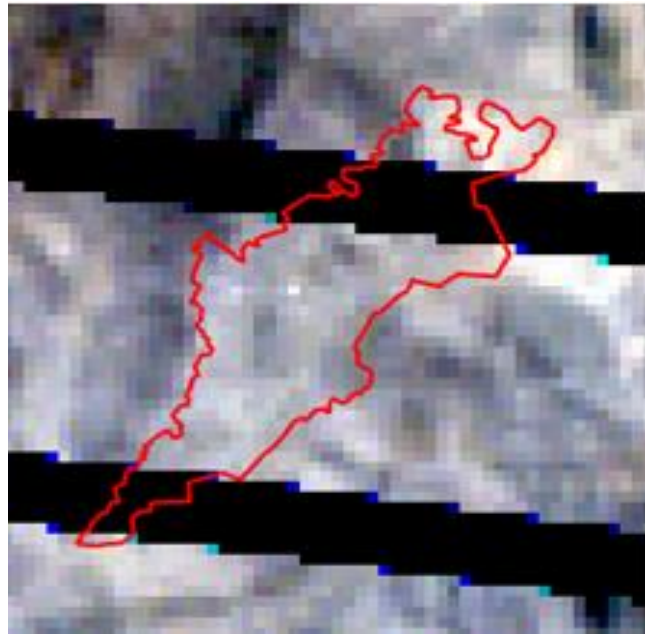


Nota: Imagen extraída del satélite LANDSAT 8 para la identificación del crecimiento urbano del AA.HH. Virgen de Lourdes en el año 2020



**Figura 16**

Población en el año 2020 – LandSAT 7



Nota: Imagen extraída del satélite LANDSAT 7 para la identificación del crecimiento urbano del AA.HH. Virgen de Lourdes en el año 2020

## 5.2. Identificación de las diferentes pendientes en zonas ocupadas por edificaciones

Se obtuvieron imágenes de dos plataformas diferentes: Open Topography y Global Mapper, de ambas plataformas al realizarle un geo procesamiento se obtuvo los datos de las pendientes que se establecieron de acuerdo a los rangos indicados por CENEPRED

**Tabla 7**

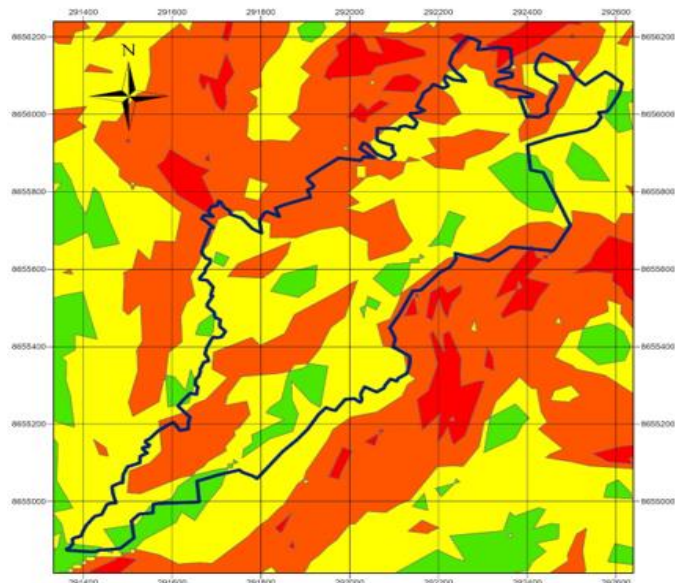
Rangos de pendientes

Pendiente	Nivel de pendiente
<b>0°-20°</b>	Bajo
<b>20°-30°</b>	Medio
<b>30°-45°</b>	Alto
<b>Mayores a 45°</b>	Muy Alto

Nota: Tabla donde se identifica los rangos de pendiente y su respectivo nivel. Elaboración Propia

**Figura 17**

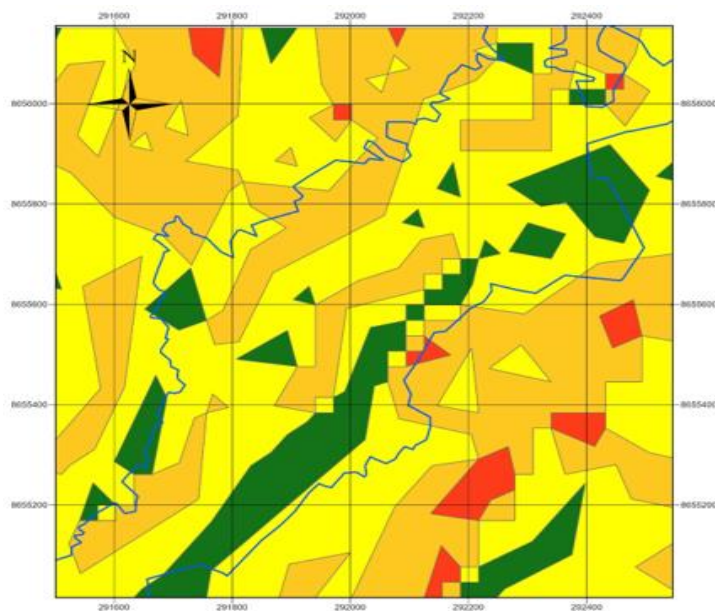
Rango de Pendientes Plataforma Global Mapper



Nota: En la presente imagen se representa las pendientes bajas o semiplanas (0°-20°, verde), pendientes medias (20°-30°, amarillo), pendientes altas (30°-45°, naranja), accidentadas o escarpadas de difícil acceso (>45°, rojo). Elaboración propia

**Figura 18**

Rango de pendientes plataforma Open Topography

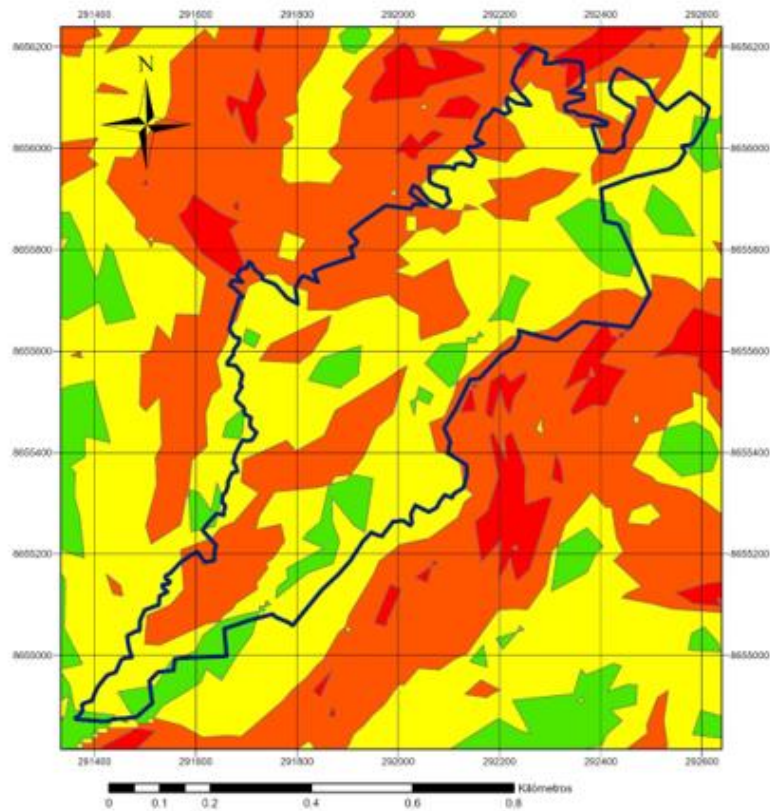


Nota: En la presente imagen se representan pendientes bajas o semiplanas (0°-20°, verde), pendientes medias (20°-30°, amarillo), pendientes altas (30°-45°, naranja), accidentadas o escarpadas de difícil acceso (>45°, rojo). Elaboración propia

De la plataforma Global Mapper, producto del geo procesamiento, curvas de nivel, TIN, Ráster, definición de slope, reclasificación de slope, caracterización de pendientes, en el ArcGIS se establecieron rangos de pendientes de acuerdo a las curvas de nivel que se obtuvieron de las zonas ocupas por edificaciones en el AAHH. Virgen de Lourdes, de acuerdo a ello se obtuvo el mapa de pendientes Figura N°19

**Figura 19**

Pendientes AA. HH. Virgen de Lourdes 2020



Nota: En la presente imagen se representa las pendientes bajas o semiplanas (0°-20°, verde), pendientes medias (20°-30°, amarillo), pendientes altas (30°-45°, naranja), accidentadas o escarpadas de difícil acceso (>45°, rojo). Elaboración propia

Se interceptó la ubicación de las viviendas con el mapa de pendientes, como se aprecia en la Figura N°20 y se obtuvo que la mayor cantidad de viviendas se encuentra entre las pendientes de 20° a 45°, sumando un total de 2155.

**Tabla 8**

Cantidad de lotes en rango de pendientes

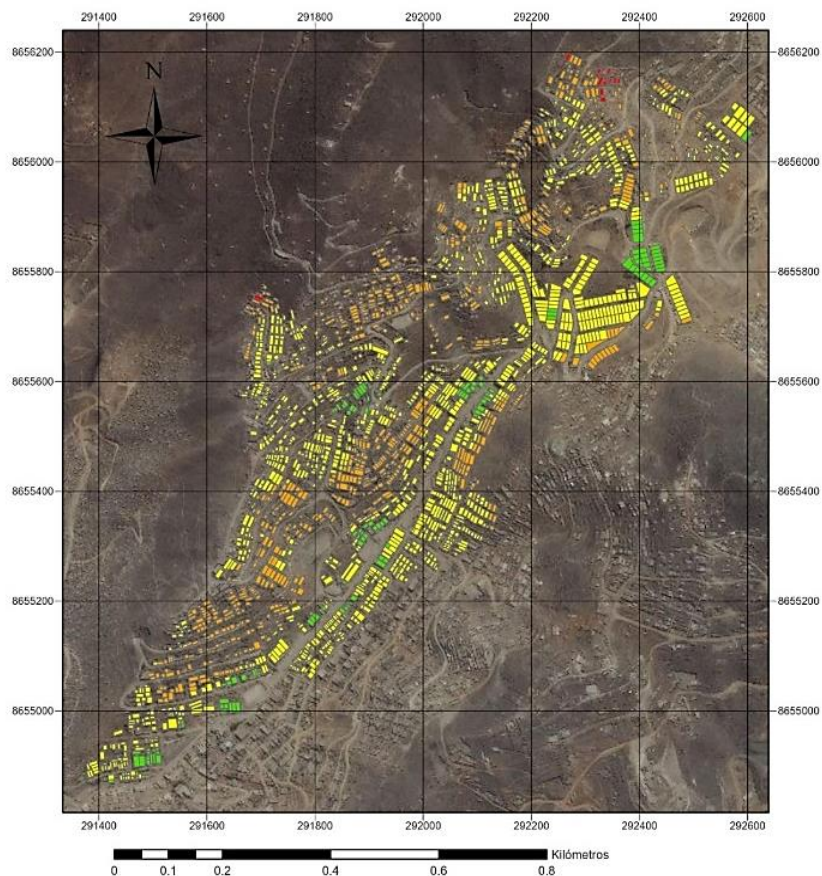
Pendiente	Nivel de Pendiente	N° de lotes
0°-20°	Bajo	139
20°-30°	Medio	1334
30°-45°	Alto	821
Mayores a 45°	Muy Alto	17

Nota: La presente tabla representa la cantidad de lotes que encuentran en los distintos rangos de pendientes.

Elaboración Propia

**Figura 20**

Ubicación de viviendas de acuerdo a las pendientes






Nota: La imagen representa la cantidad de lotes ubicados en los diferentes rangos de pendientes. Los lotes de color verde se encuentran en un nivel de pendiente bajo, amarillo medio, naranja alto y rojo muy alto. Elaboración Propia

### 5.3. Identificación de las diferentes tipologías de las viviendas

Producto de las visitas realizadas a la zona de estudio se pudo identificar las diferentes tipologías de viviendas, clasificándolos en 03 tipos. Ver Figura N°21.

**Figura 21**

Clasificación de las Viviendas AA.HH. Virgen de Lourdes

VIVIENDAS DEL AA.HH VIRGEN DE LOURDES		
TIPO N°01	TIPO N°02	TIPO N°03
<b>SISTEMA CONSTRUCTIVO - MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>		
 <p><b>Muros y Columnas:</b> Se consideran columnas, vigas, sistema portante de albañilería confinada.</p> <p><b>Techo:</b> Losas aligeradas o losas macizas horizontales.</p>	 <p><b>Muros y Columnas:</b> Se consideran muros de albañilería confinada</p> <p><b>Techo:</b> La cobertura representativa es de material eternit y/o similares como policarbonato, melamine.</p>	 <p><b>Muros y Columnas:</b> Cerramiento perimetral de muros de madera y/o similar drywall, planchas de triplay, melamine.</p> <p><b>Techo:</b> La cobertura representativa es de material eternit y/o similares como policarbonato, melamine.</p>
<b>PROCESO CONSTRUCTIVO</b>		
Sistema estructural ejecutado de manera empírica, usando criterios de manuales de construcción. Sin aplicación de la norma. Posible intervención de algun tecnico experimentado	Sistema estructural ejecutado de manera empírica sin uso de manuales, normas.  Sin supervisión especializada.	Sistema de autoconstrucción, sin sistema estructural.  Sin uso de normas, sin supervisión especializada
<b>ACABADOS</b>		
<b>Pisos</b>		
Parquet de 1ra., lajas, cerámica nacional, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.	Acabado final falso piso, Cemento pulido, ladrillo corriente, entablado corriente.	Acabado final falso piso, Cemento pulido, ladrillo corriente,entablado corriente.
<b>Puertas y Ventanas</b>		
Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente.	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente
<b>Revestimiento</b>		
Superficie de ladrillo caravista.	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.
<b>Baños</b>		
Baños completos nacionales con mayólica o cerámico nacional de color	En general se cuenta con aparatos sanitarios expuestos en silos.	En general se cuenta con aparatos sanitarios expuestos en silos.
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS</b>		
<b>Instalaciones Sanitarias</b>		
Pueden contar con instalaciones de red de agua y desague, realizados por su cuenta, sin embargo no cuentan con abastecimiento de la entidad SEDAPAL	No se cuenta con instalaciones de red de agua potable, uso de tanques rotoplast, sistema a gravedad. La red desague no existe.	No se cuenta con instalaciones de red de agua potable, uso de tanques rotoplast, sistema a gravedad. La red desague no existe.
<b>Instalaciones Eléctricas</b>		
Se cuenta con servicio de luz basica, tomacorrientes, TV y electrodomésticos.	Se cuenta con servicio de luz basica. Tomacorrientes. TV y electrodomésticos.	Se cuenta con servicio de luz basica. Tomacorrientes. TV y electrodomésticos.

Nota: Elaboración Propia

#### 5.4. Evaluación de la Vulnerabilidad y Peligro

Para la Evaluación de la Vulnerabilidad y Peligro, de acuerdo al (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales , 2015) se han establecido parámetros y niveles de participación ( pesos) desarrollados con el Método del Proceso de Análisis Jerárquico (Saaty, 1980).

##### ➤ **Evaluación del Peligro.**

Sobre la base de estudios realizados por (PREDES, Escenarios de Riesgo y Medidas de Mitigación del Riesgo de Desastre en el Distrito de Villa María del Triunfo, 2011), se identificaron los parámetros de peligro y se obtuvieron los registros del tipo de suelo, periodos de vibración y capacidad portante. Para cada parámetro se ha asignado un nivel de calificación de peligro y se ha determinado su peso por el proceso de análisis jerárquico (Saaty, 1980)

##### ✓ **Parámetro N°1: Tipo de Suelo**

**Tabla 9**

Tipos de Suelos AA. HH. Virgen de Lourdes





Tipo de Suelo	Nivel de Peligro	
Roca	1	
Suelo Residual	2	
Arena Fina	3	
Relleno	4	

Nota: Elaboración Propia

✓ **Parámetro N°2:** Periodos de vibración

**Tabla 10**

Isoperiodos AA.HH. Virgen de Lourdes





Tipo de Suelo	Isoperiodos	Nivel de Peligro	
Roca	0.14-0.31 seg	1	
Suelo Residual	0.31-0.36 seg	2	
Arena Fina	0.36-0.47 seg	3	
Relleno	>0.47 seg	4	

Nota: Elaboración Propia

✓ **Parámetro N°3:** Capacidad Portante

**Tabla 11**

Capacidad Portante AA. HH. Virgen de Lourdes

Capacidad Portante	Nivel de Peligro	
>5.00 kg/cm <sup>2</sup>	1	
5.00 – 3.01 kg/cm <sup>2</sup>	2	
3.0 – 1.31 kg/cm <sup>2</sup>	3	
1.30 – 0.75 kg/cm <sup>2</sup>	4	

Nota: Elaboración Propia

✓ **Parámetro N°4:** Tipo de Cimentación

De acuerdo a las visitas en campo se identificó que las viviendas se encuentran ubicadas en los suelos residuales en ladera, bajo la modalidad de corte y relleno. Teniendo como resultado la siguiente clasificación de cimentaciones.

**Figura 22**

Clasificación de Cimentación AA.HH. Virgen de Lourdes

TIPO DE CIMENTACIÓN	CARACTERÍSTICA	NIVEL DE PELIGRO
<b>TIPO 01</b> 	Viviendas que cuentan con una cimentación tipo concreto armado	1 
<b>TIPO 02</b> 	Viviendas asentadas sobre pircas sin tratamiento de adherencia Con sistema antideslizamiento : Muros de Contención Simple	2 
<b>TIPO 03</b> 	Viviendas asentadas sobre pircas sin tratamiento de adherencia No cuentan con algún sistema de contención para el deslizamiento de la pirca	4 

Nota: La figura representa los criterios a considerar para la clasificación de los diferentes tipos de cimentaciones que se encontraron en la visita al AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

Se hallaron los pesos de participación de cada parámetro por medio del proceso de análisis jerárquico, comparando el nivel de importancia de éstos de acuerdo a la escala SAATY, el resultado de este análisis se presenta en la siguiente tabla.



**Tabla 12**

Pesos de los Parámetros de Peligros

Descripción de parámetros para la evaluación de Peligro	Pesos
P1 Tipo de Suelo	0.17
P2 Tipo de cimentación	0.43
P3 Capacidad Portante	0.24
P4 Periodos	0.16





Nota: La tabla presenta el peso asignado para cada parámetro considerado en la evaluación del Peligro. Elaboración Propia

Para nuestra zona de estudio se considera que para la evaluación de peligro tiene mayor nivel de importancia el tipo de cimentación con un peso de 0.43.

Producto de la identificación de los parámetros y su nivel de participación se obtuvo la siguiente tabla para la evaluación de peligro.

**Tabla 13**

Evaluación de Peligro AA.HH. Virgen de Lourdes

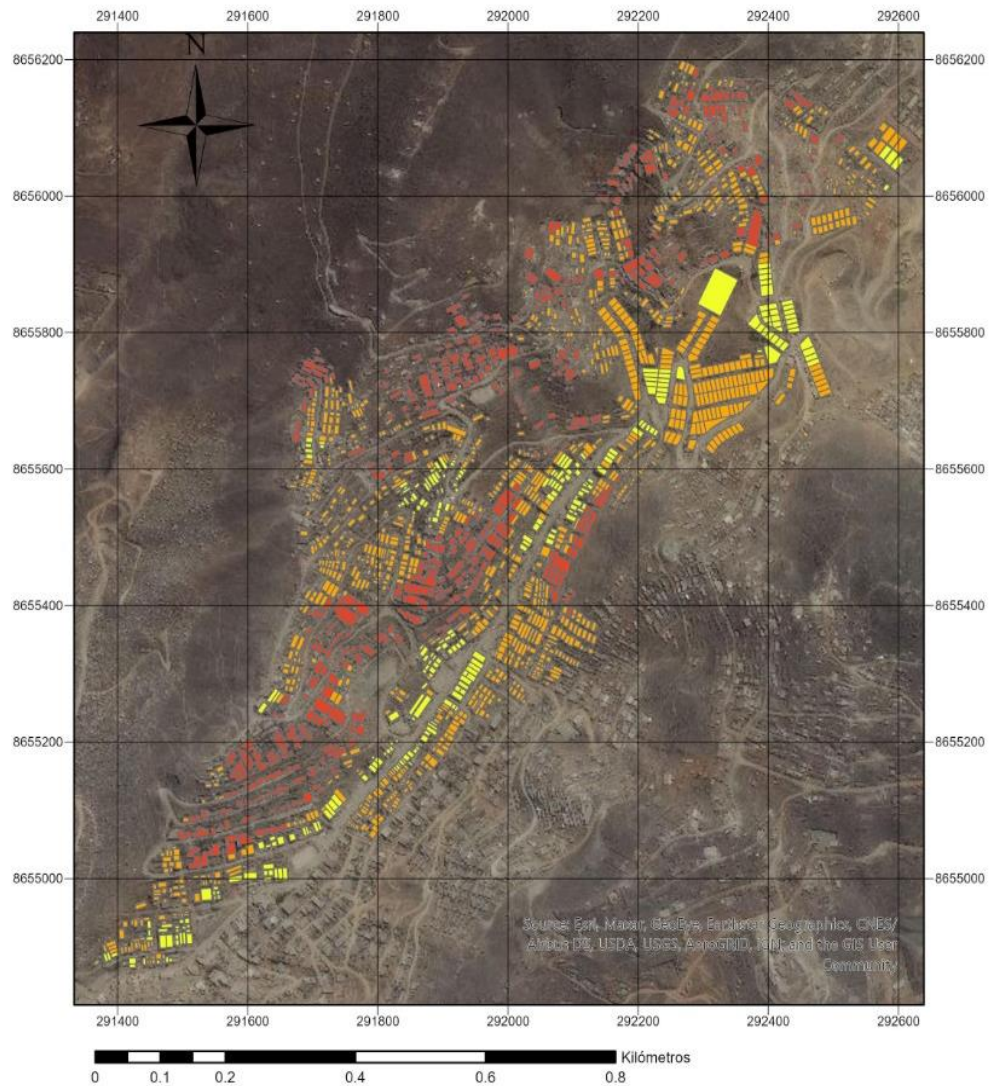
NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN O CARACTERÍSTICAS	VALOR / PESO	RANGO
<b>PB ( PELIGRO BAJO)</b> 	Roca y suelo compacto y seco. Cimentación de concreto armado Capacidad portante mayor a 5.00 kg/cm2 Isoperiodos ( 0.14 seg - 0.31 seg)	1	< de 25% 0.01 - 0.99
<b>PM ( PELIGRO MEDIO)</b> 	Suelo de calidad intermedia ( Suelo Residual) Tipo de cimentación: Pircas sin tratamiento de adherencia, con un sistema antideslizamiento (Muros de Contención Simple) Capacidad portante 3.01 - 5.00 kg/cm2 Isoperiodos ( 0.31 seg - 0.36 seg)	2	de 26% a 50% 1 - 2
<b>PA ( PELIGRO ALTO)</b> 	Suelos de baja calidad ( Arena Fina) Capacidad portante 1.31 - 3.0 kg/cm2 Isoperiodos ( 0.36 - 0.47 seg)	3	De 51% a 75% 2.01 - 3
<b>PMA ( PELIGRO MUY ALTO)</b> 	Terreno de fundación inadecuado ( Relleno) Tipo de cimentación: Pircas sin tratamiento de adherencia.No cuentan con algún sistema de contención para el deslizamiento de la pirca. Capacidad portante 0.75 - 1.30 kg/cm2 Isoperiodos > 0.47 seg	4	De 76% a 100% 3.01 - 4

Nota: Se describen los criterios de Peligro a considerar en cada nivel para la evaluación de las viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

Se procesó la información que se obtuvo de la Tabla N°13 en el ARCGIS y se pudo identificar las viviendas que presentan un peligro medio, alto y muy alto.

**Figura 23**

Mapa de Peligro Sísmico a nivel de Lotes

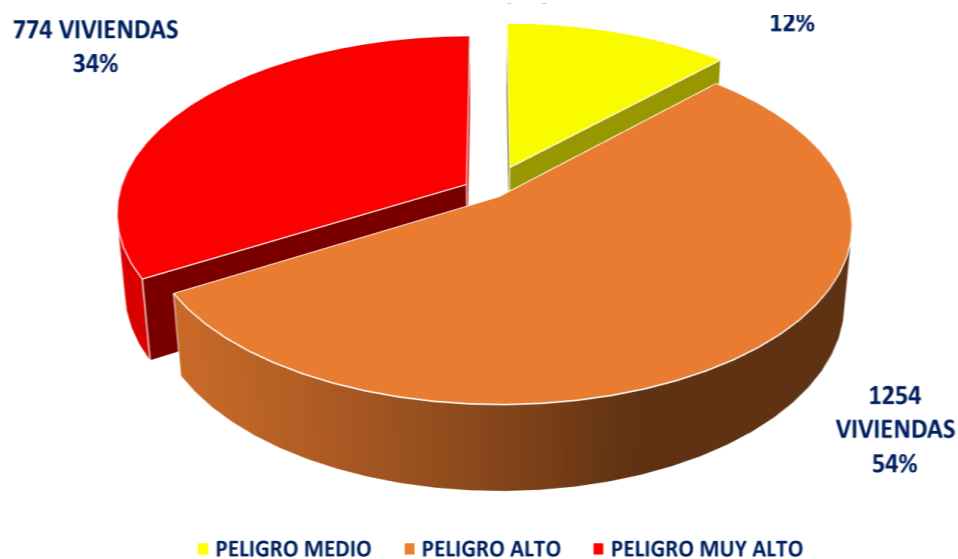


Nota: Mapa del Peligro Sísmico del AAHH. Virgen de Lourdes. Año 2002. Los colores de los lotes indican el nivel de peligro en el que se encuentran, siendo así el amarillo un nivel bajo, naranja alto y rojo medio. Elaboración Propia

En el AA.HH. Virgen de Lourdes se han identificado que la mayor cantidad de viviendas se encuentra en un nivel de peligro alto, teniendo 1254 viviendas en este nivel.

**Figura 24**

Nivel de Peligro de las viviendas



Nota: La figura N°24 representan los porcentajes de viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes que se encuentran ubicados en los distintos niveles de peligro de acuerdo a su evaluación. Elaboración Propia














➤ **Evaluación de la Vulnerabilidad.**

Por medio de un análisis cualitativo se evaluó las condiciones existentes de los factores de vulnerabilidad que se pueden identificar en el AAHH. Virgen de Lourdes, siendo estas: la exposición, fragilidad y resiliencia, a cada factor se le asignó un nivel de vulnerabilidad.

La exposición está medida por la localización de la vivienda, la fragilidad por el material de construcción y el proceso constructiva y la resiliencia por la responsabilidad Social.

**Tabla 14**

Factores de Vulnerabilidad

EXPOSICIÓN	Localización de la vivienda	PENDIENTE		
		Viv. Ubicadas en pendiente de 0 - 20°	1	
		Viv. Ubicadas en pendientes de 20° - 30°	2	
		Viv. Ubicadas en pendiente de 30° - 45°	3	
		Viv. Ubicadas en pendientes mayores a 45°	4	
FRAGILIDAD	Material de construcción	TIPO DE VIVIENDA		
		Tipo 01: Viv. Sist. Portante de albañilería confinada con columnas, vigas. Techos de losas macizas o aligeradas	1	
		Tipo 02: Viv. Con muros de albañilería confinada. Techos de eternit o similares	2	
		Tipo 03: Viv. De material de madera, drywall, triplay. Techos de eternit o similares	4	
	Proceso constructivo	PROCESO CONSTRUCTIVO		
		Tipo 01: Sist. De construcción de manera empírica con posible intervención de algún técnico. Estas viviendas cuentan con un sistema estructural	1	
		Tipo 02: Sist. De construcción de manera empírica, sin uso de manuales, normas, ni supervisión especializada. Viviendas que cuentan con un sistema estructural.	2	
Tipo 03: Sist. De autoconstrucción sin supervisión ni uso de normas		4		
REISILIENCIA	Responsabilidad Social	PLANIFICACIÓN URBANO SOCIAL		
		Tipo 01: Tienen conocimiento de plan de riesgos, organización vecinal y cuentan con señalización de zonas seguras	1	
		Tipo 02: Poco conocimiento del plan de riesgos, organización vecinal intermedio, poca responsabilidad habitacional. No cuenta con señalización de zonas seguras	2	
		Tipo 03: Nulo conocimiento del plan de riesgos, no cuenta con organización vecinal, no tienen señalización de zonas seguras	4	

Nota: La tabla N°14 contiene los factores de vulnerabilidad que se identificaron en el AA.HH. Virgen de Lourdes y los parámetros que se contemplaron para evaluar cada factor. Elaboración Propia

Se hallaron los pesos de participación de cada parámetro por medio del Proceso de Análisis Jerárquico, comparando el nivel de importancia de éstos de acuerdo a la escala (Saaty, 1980), el resultado de este análisis se presenta en la Tabla N°15

**Tabla 15**

Pesos de los Parámetros de Vulnerabilidad

Descripción de parámetros para la evaluación de Vulnerabilidad	Pesos
P1: Pendiente	0.37
P2: Tipo de vivienda	0.13
P3: Proceso Constructivo	0.13
P4: Planificación urbano/ social	0.37





Nota: Resultado de los pesos de cada parámetro de vulnerabilidad producto de la evaluación del proceso de análisis jerárquico. Elaboración Propia

Para nuestra zona de estudio se considera que para una evaluación de vulnerabilidad tiene mayor nivel de importancia la pendiente y la planificación urbano social con un peso de 0.37.

Producto de la identificación de los parámetros y su nivel de participación se obtuvo la Tabla N°16 para la evaluación de vulnerabilidad.

**Tabla 16**

Evaluación de la Vulnerabilidad AAHH. Virgen de Lourdes

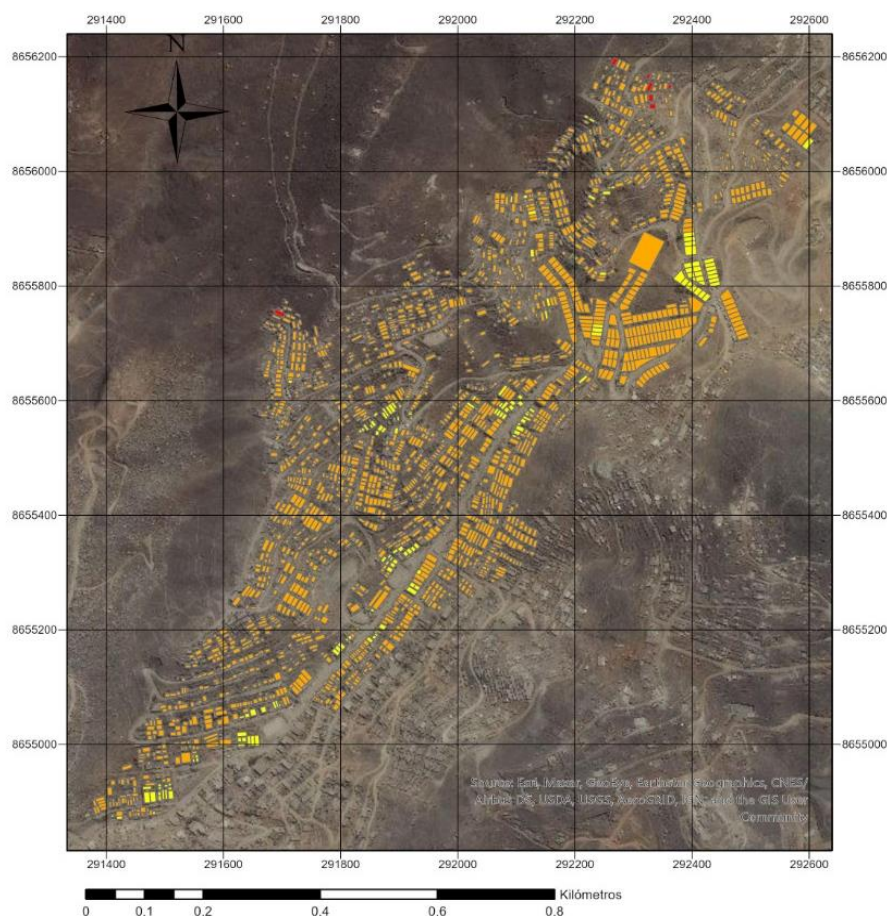
NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE VULNERABILIDAD	VALOR	RANGO
Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viviendas ubicadas en pendientes de 0° a 20°.</li> <li>- Tipo de viviendas que cuenten con un sistema portante de albañilería confinada con columnas, vigas. Techos de losas macizas o aligeradas.</li> <li>- Proceso constructivo de manera empírica que cuente con un sistema estructural, usando criterios de manuales, con posible intervención de algún técnico.</li> <li>- Pobladores con conocimiento de plan de riesgos, organización vecinal y que cuentan con señalización de zonas seguras.</li> </ul>	1	<p>&lt; de 25%</p> <p>0.01 - 0.99</p>
Medio 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viviendas ubicadas en pendientes de 20° a 30°.</li> <li>- Tipo de vivienda que cuenten con muros de albañilería confinada. Techos de eternit o similares.</li> <li>- Proceso constructivo de manera empírica que cuente con un sistema estructural, sin uso de manuales, normas ni supervisión especializada.</li> <li>- Pobladores con poco conocimiento del plan de riesgos, organización vecinal intermedia, poca responsabilidad habitacional. No cuenta con señalización de zonas seguras</li> </ul>	2	<p>de 26% a 50%</p> <p>1 - 2</p>
Alto 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viviendas ubicadas en pendientes de 30° a 45°.</li> </ul>	3	<p>De 51% a 75%</p> <p>2.01 - 3</p>
Muy Alto 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viviendas ubicadas en pendientes mayores a 45°</li> <li>- Tipo de vivienda de material de madera, drywall, triplay. Techos de eternit o similares</li> <li>- Proceso constructivo de autoconstrucción, sin sistema estructural, sin uso de normas, sin supervisión especializada.</li> <li>- Pobladores con nulo conocimiento del plan de riesgos, no cuenta con organización vecinal, no tienen señalización de zonas seguras.</li> </ul>	4	<p>De 76% a 100%</p> <p>3.01 - 4</p>

Nota: Se describen los criterios de Vulnerabilidad a considerar en cada nivel para la evaluación de las viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

Se procesó la información que se obtuvo y para la evaluación de la vulnerabilidad del AA.HH. Virgen de Lourdes en el ARCGIS, se generó el mapa de vulnerabilidad y se pudo identificar las viviendas que se encuentran en una vulnerabilidad medio, alto y muy alto.

**Figura 25**

Mapa de Vulnerabilidad Sísmica a nivel de lotes

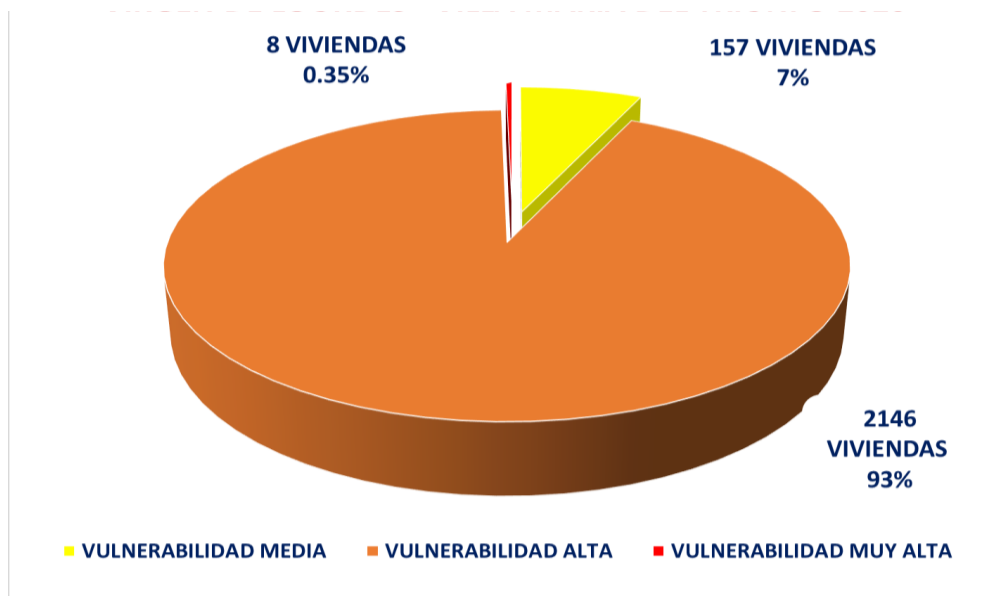


Nota: Mapa de Vulnerabilidad Sísmico del AAHH. Virgen de Lourdes. Año 2002. Los colores de los lotes indican el nivel de vulnerabilidad en el que se encuentran, siendo así el amarillo un nivel bajo, naranja alto y rojo medio. Elaboración Propia

En el AA.HH. Virgen de Lourdes se ha identificado que el 7% de las viviendas se encuentran en una vulnerabilidad media, el 93% en una vulnerabilidad alta, y el 0.35% en una vulnerabilidad muy alta. La mayor cantidad de viviendas en la zona de estudio presentan una vulnerabilidad alta.

**Figura 26**

Nivel de Vulnerabilidad de las viviendas



Nota: En la figura se caracteriza el porcentaje de viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes clasificadas en los niveles de vulnerabilidad media, alta y muy alta. Elaboración propia

### 5.5. Riesgo sísmico en las edificaciones existentes

El riesgo sísmico es el producto de la vulnerabilidad y peligro que se ha identificado en la zona de estudio. Al procesar los datos en la herramienta SIG se generó el mapa temático.

En la Tabla N°17 se establecen los criterios que se han considerado para cada nivel de riesgo.



**Tabla 17**

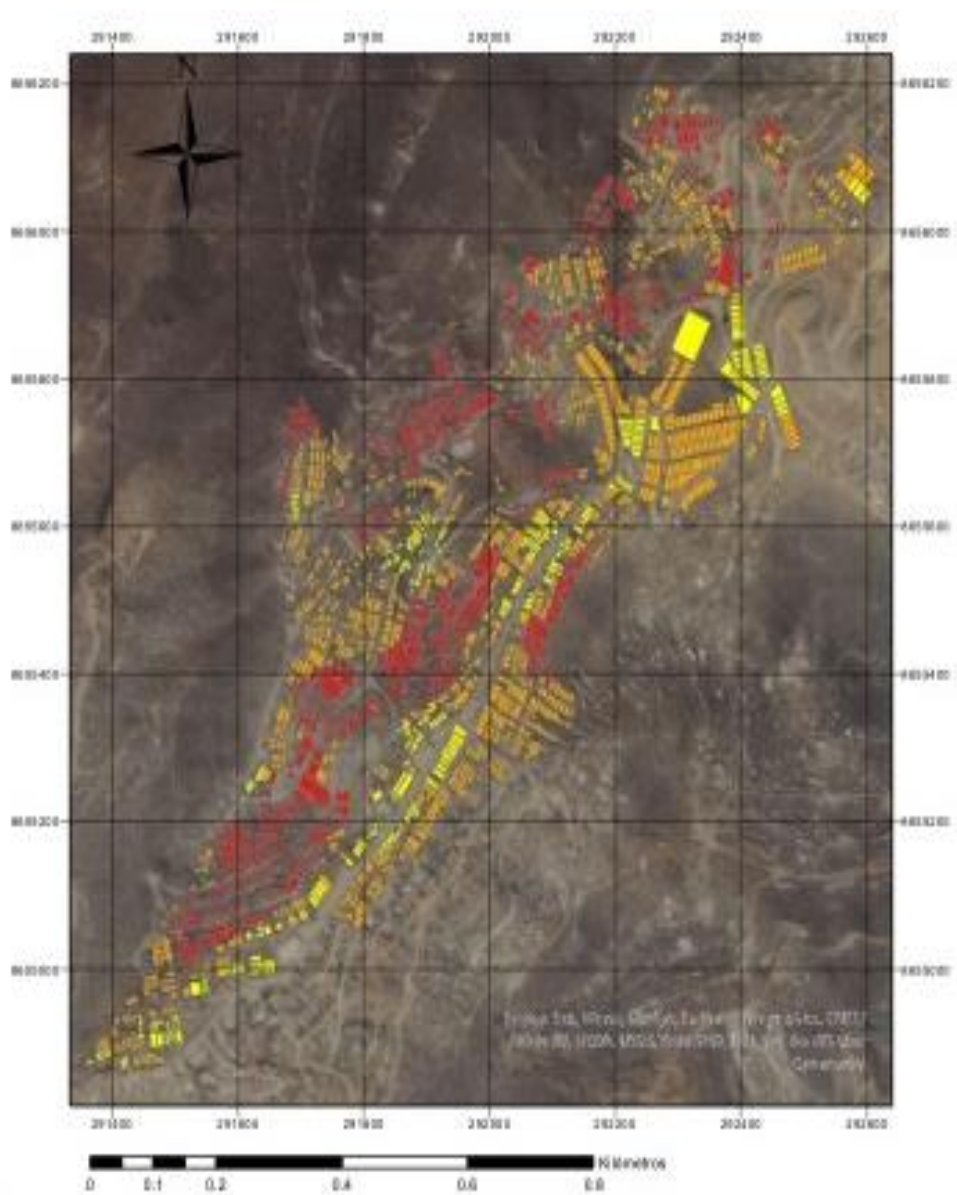
Niveles de riesgo AA.HH. Virgen de Lourdes

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE RIESGO	VALOR	RANGO
Bajo		<p>Viviendas ubicadas en suelos de tipo Roca, suelo compacto y seco, con una capacidad portante mayor a 5.00 kg/cm<sup>2</sup>.                      Isoperiodos ( 0.14 seg - 0.31 seg)                      Cimentación de las viviendas de Concreto Armado.                      Viviendas ubicadas en pendientes de 0° a 20°.                      Tipo de viviendas que cuenten con un sistema portante de albañilería confinada con columnas, vigas. Techos de losas macizas o aligeradas.                      Proceso constructivo de manera empírica que cuente con un sistema estructural, usando criterios de manuales, con posible intervención de algún técnico.                      Pobladores con conocimiento de plan de riesgos, organización vecinal y que cuentan con señalización de zonas seguras.</p>	1	< de 25%
Medio		<p>Suelo de calidad intermedia ( Suelo Residual) con una capacidad portante 3.01 - 5.00 kg/cm<sup>2</sup>                      Isoperiodos ( 0.31 seg - 0.36 seg)                      Tipo de cimentación: Pircas sin tratamiento de adherencia, con un sistema antideslizamiento (Muros de Contención Simple)                      Viviendas ubicadas en pendientes de 20° a 30°.                      Tipo de vivienda que cuenten con muros de albañilería confinada.                      Techos de eternit o similares.                      Proceso constructivo de manera empírica que cuente con un sistema estructural, sin uso de manuales, normas ni supervisión especializada.                      Pobladores con poco conocimiento del plan de riesgos, organización vecinal intermedia, poca responsabilidad habitacional. No cuenta con señalización de zonas seguras</p>	2	26% al 50%
Alto		<p>Suelos de baja calidad ( Arena Fina), con capacidad portante 1.31 - 3.0 kg/cm<sup>2</sup>                      Isoperiodos ( 0.36 - 0.47 seg)                      Viviendas ubicadas en pendientes de 30° a 45°.</p>	3	51% al 75%
Muy Alto		<p>Terreno de fundación inadecuado ( Relleno), con una capacidad portante 0.75 - 1.30 kg/cm<sup>2</sup>                      Isoperiodos &gt; 0.47 seg                      Tipo de cimentación: Pircas sin tratamiento de adherencia. No cuentan con algún sistema de contención para el deslizamiento de la pirca.                      Viviendas ubicadas en pendientes mayores a 45°                      Tipo de vivienda de material de madera, drywall, triplay. Techos de eternit o similares                      Proceso constructivo de autoconstrucción, sin sistema estructural, sin uso de normas, sin supervisión especializada.                      Pobladores con nulo conocimiento del plan de riesgos, no cuenta con organización vecinal, no tienen señalización de zonas seguras</p>	4	76% al 100%

Nota: Se describen los criterios de riesgo a considerar en cada nivel para la evaluación de las viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

**Figura 27**

Mapa de Riesgo Sísmico a nivel de Lotes

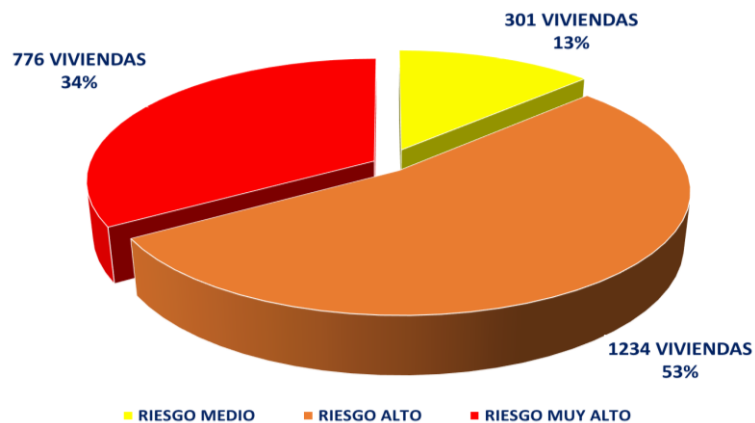


Nota: Mapa de Riesgo Sísmico del AAHH. Virgen de Lourdes. Año 2002. Los colores de los lotes indican el nivel de vulnerabilidad en el que se encuentran, siendo así el amarillo un nivel bajo, naranja alto y rojo medio. Elaboración Propia

Producto del Mapa de Riesgo que se generó en el ARCGIS se obtuvo que en el AAHH. Virgen de Lourdes 301 viviendas se encuentran en un riesgo medio, 1234 en un riesgo alto y 776 en un riesgo muy alto.

**Figura 28**

Riesgo de las Viviendas



Nota: En la figura se caracteriza el porcentaje de viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes clasificadas en los niveles de riesgo media, alta y muy alta.

Elaboración propia

## 5.6. Escenarios Sísmicos

“En Lima no ocurre un sismo importante desde 1746, es decir hay un silencio sísmico de 274 años. Se está acumulando mucha energía. En cualquier momento podría originarse un sismo muy fuerte en la zona costera y los daños no serán idénticos al de siglos pasados porque la ciudad ha crecido y hay más población”, Presidente Ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), Hernando Talavera, Señaló además que, las edificaciones mal hechas y construidas en suelos inadecuados tienen más posibilidades de colapsar en caso de un sismo.

El Dr. Tavera, explica que, los estudios realizados por el IGP, indican que los sismos de los años 40, 66 y 74 han liberado en Lima solo el 30% de energía acumulada. Lo que restaría Liberar es el 70% de energía acumulada. Con dichas cifras, dan un indicio de un eventual sismo superior a 8.5 grados en la escala de Richter, VII a IX en la escala Mercalli Modificada. (GESTIÓN, 2020)

### 5.6.1. Caracterización Del Escenario Sísmico

Con lo mencionado en líneas arriba, se establece sismos entre 8.5 a 9 grados de magnitud en la Escala de Richter, con ello se describe lo siguiente:

- Escenario Sísmico N°1  
Intensidades máximas: VII Escala Mercalli Modificada en VMT
- Escenario Sísmico N°2  
Intensidades máximas: VIII Escala Mercalli Modificada en VMT
- Escenario Sísmico N°3  
Intensidades máximas: IX Escala Mercalli Modificada en VMT

### 5.6.2. Impacto De Daño Esperado

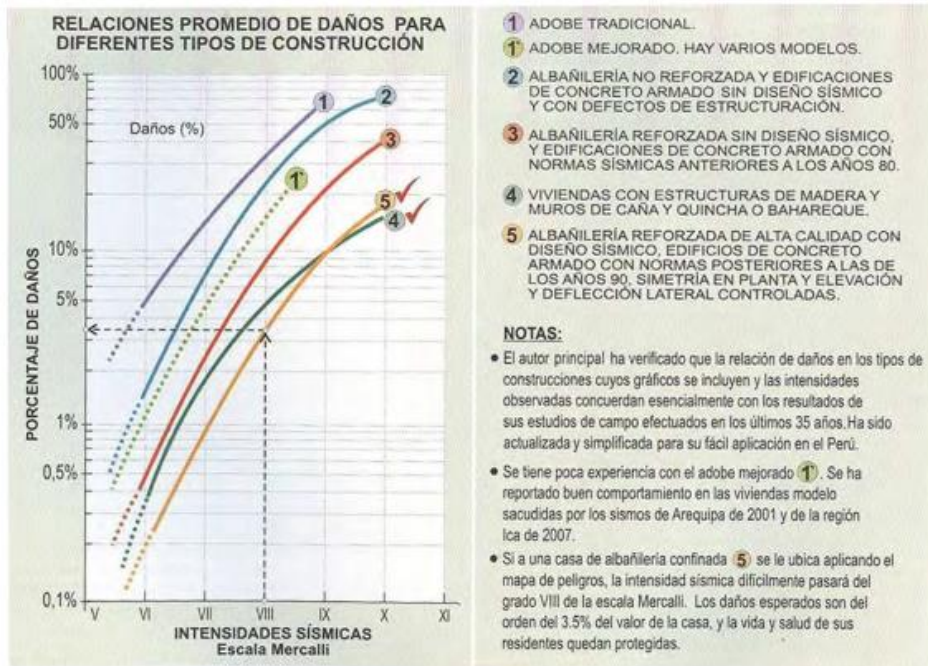
Al producirse el sismo, este afecta de manera diferente a cada tipo de vivienda:

- Nivel Estructural (establecido líneas arriba), material predominante como sistema portante.
- Nivel Económico, se establece costo por metro cuadrado, de acuerdo a la caracterización ya realizada.

Con lo mencionado, para caracterizar el daño en las viviendas, se toma como referencia el siguiente cuadro del libro “Alto a los Desastres”, ayudando a la interpretación de daños, según las intensidades sísmicas esperadas, para cada tipo de vivienda.

Figura 29

Relaciones Promedio de Daños para Diferentes Tipos de Construcción



Nota: El gráfico representa la relación promedio de daños para los diferentes tipos de construcción. Tomado de Reducción de Desastres, por Kuroiwa, J. (2002)

### 5.6.2.1. A nivel Estructural

Con la caracterización de tipología de edificaciones, y describiendo los materiales que predominan en los muros de las viviendas, se caracteriza como sistema portante de cada tipo de vivienda:

- Vivienda Tipo 01: Muro de Albañilería Confinada (Ladrillos y Columnas de Amarre)
- Vivienda Tipo 02: Sistema de confinamiento entre muros Ortogonales (Ladrillo)
- Vivienda Tipo 03: Elementos verticales de Madera (Tornillo o similar), Cerramiento de Triplay, Melamina o similares.

## 5.6.2.2. A nivel Económico

Se establecieron valores en cada vivienda de acuerdo a partidas, tales como: Estructuras, Acabados e Instalaciones. Como lo indica en la Figura N° 30:

**Figura 30**

Valores Unitarios Oficiales de Edificaciones para la Costa

CATEGORIA	ESTRUCTURAS		ACABADOS				INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS (7)
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	
A	523.67	317.71	280.58	283.89	305.99	103.25	303.46
	Estructuras laminares curvadas de concreto armado que incluyen en una sola armadura la cimentación y el techo. Para este caso no se considera los valores de la columna N°2.	Losa o aligerado de concreto armado con luces mayores de 6m. Con sobrecarga mayor a 300 kg/m2	Mármol importado, piedras naturales importadas, porcelanato.	Aluminio pesado con perfiles especiales. Madera fina ornamental (caoba, cedro o pino selecto). Vidrio insulated (1)	Mármol importado, madera fina (caoba o similar), baldosa acústica en techo o similar.	Baños completos (7) de lujo importado con enchape fino (mármol o similar).	Aire acondicionado, iluminación especial, ventilación forzada, sist.hidro neumático, agua caliente y fría, intercomunicador alambas, ascensor, sist. de bombeo de agua y desague (5), teléfono, gas natural.
B	337.26	207.29	168.17	149.64	231.83	78.51	221.57
	Columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas.	Aligerados o losas de concreto armado inclinadas.	Mármol nacional o reconstituido, parquet fino (olivo, chonta o similar), cerámica importada, madera fina.	aluminio o madera fina (caoba o similar) de diseño especial, vidrio polarizado (2) y curvado, laminado o templado	Mármol nacional, madera fina (caoba o similar) enchapes en techos	Baños completos (7) importados con mayólica o cerámico decorativo importado	Sistemas de bombeo de agua potable (5), ascensor, teléfono, agua caliente y fría, gas natural.
C	232.16	171.25	110.69	96.71	171.99	54.47	139.77
	Placas de concreto (e=10 a 15 cm), albañilería armada, ladrillo o similar con columna y vigas de amarre de concreto armado	Aligerado o losas de concreto armado horizontales.	Madera fina machihembrada, terrazo.	Aluminio o madera fina (caoba o similar), vidrio tratado polarizado (2), laminado o templado	Superficie caravista obtenida mediante encofrado especial, enchape en techos.	Baños completos (7) nacionales con mayólica o cerámico nacional de color.	Igual al Punto "B" sin ascensor
D	224.51	108.7	97.64	84.72	131.96	29.06	88.3
	Ladrillo o similar sin elementos de concreto armado. Drywall o similar incluye techo (6)	Calamina metálica, fibrocemento sobre viguiería metálica.	Parquet de 1ra., lajas, cerámica nacional, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.	Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente (3).	Enchape de madera o laminados, piedra o material vitrificado.	Baños completos (7) nacionales blancos con mayólica blanca	Agua fría, agua caliente, corriente trifásica teléfono, gas natural.
E	158.05	40.53	65.42	72.49	90.79	17.09	64.14
	Adobe, tapial o quincha.	Madera con material impermeabilizante.	Parquet de 2da., loseta veneciana 30x30 cm, lajas de cemento con canto rodado	Ventanas de fierro, puertas de madera selecta (caoba o similar), vidrio transparente	Superficie de ladrillo caravista.	Baños con mayólica blanca, parcial.	Agua fría, agua caliente, corriente monofásica, teléfono, gas natural.
F	119.04	22.29	43.65	54.42	63.99	12.74	36.68
	Madera (estoraque, pumaquiro, huayruro, machinga, catagua amarilla, copaiba, diablo fuerte, tomillo o similares), Drywall o similar (sin techo)	Calamina metálica, fibrocemento o teja sobre viguiería de madera corriente.	Loseta corriente, canto rodado, alfombra.	Ventanas de fierro o aluminio industrial, puertas contraplacadas de madera (cedro o similar), puenas material MDF o HDF, vidrio simple.	Tarrajeo frotachado y/o yeso molidurado, pintura lavable	Baños blancos sin mayólica.	Agua fría, corriente monofásica, gas natural.
G	70.14	15.33	39.43	29.4	52.47	8.76	33
	Pircado con mezcla de barro	Madera rústica o caña con torta de barro.	Loseta vinílica, cemento bruñado coloreado, tapizón.	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.	Sanitarios básicos de losa de 2da., fierro fundido o granito.	Agua fría, corriente monofásica, teléfono.
H	0	0	24.67	14.7	20.99	0	18.38
		Sin techo.	Cemento pulido, ladrillo corriente, entablado corriente.	Madera rústica.	Pintado en ladrillo rústico, placa de concreto o similar	Sin aparatos sanitarios.	Agua fría, corriente monofásica sin empotrar
I	0	0	4.93	0	0	0	0
			Tierra compactada.	Sin puertas ni ventanas.	Sin revestimientos en ladrillo, adobe o similar.		Sin instalación eléctrica ni sanitaria.

Nota: La figura representa los valores por partida en nuevos soles por metro cuadrado de área techada para la costa al 30 de setiembre. Adaptado del Colegio de Arquitectos del Perú, (2020)

Con ayuda del cuadro de valores unitarios oficiales de edificaciones para la costa, se caracteriza cada tipo de vivienda con el fin de estimar un precio de vivienda por metro cuadrado. Obteniendo que, para nuestra zona de estudio la vivienda Tipo 01 tiene un Valor de S/.862.63 por m<sup>2</sup>, la de Tipo 02 tiene un Valor de S/.441.75 por m<sup>2</sup> y la vivienda Tipo 03 un valor de S/.280.87 por m<sup>2</sup>, tal como se aprecia en las figuras 31,32 y 33.

**Figura 31**

Descripción de Partidas Vivienda Tipo 01, Estimación de Precio por m<sup>2</sup>

DESCRIPCIÓN DE VIVIENDA							
<b>NIVEL ESTRUCTURAL:</b>							
<b>Muros y Columnas:</b> Se consideran columnas, vigas, sistema portante de albañilería confinada.							
<b>Techo:</b> Losas aligeradas o losas macizas horizontales. Con cerco a media altura de parapeto.							
<b>SUPERVISIÓN TÉCNICA</b>							
Con ayuda de la vista a campo, realizando un juicio crítico que consta: del uso adecuado de los materiales y estructuración regular y/o ordenada se concluye: EJECUCIÓN SIN SUPERVISIÓN TÉCNICA.							
<b>ACABADOS</b>							
<b>Pisos</b> Se estiman acabados regulares: Parquet de 1ra., lajas, cerámica nacional, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.							
<b>Puertas y Ventanas:</b> Se estiman acabados regulares: Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente.							
<b>Revestimiento:</b> Se estiman acabados regulares: Superficie de ladrillo caravista.							
<b>Baños:</b> Se estiman acabados regulares: Baños completos nacionales con mayólica o cerámico nacional de color							
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS</b>							
<b>Instalaciones Sanitarias</b> Pueden contar con instalaciones de red de agua y desagüe, realizados por su cuenta, sin embargo no cuentan con abastecimiento de la entidad SEDAPAL							
<b>Instalaciones Eléctricas</b> Se cuenta con servicio de luz básica. Tomacorrientes. TV y electrodomésticos.							
Vivienda Tipo01							
De acuerdo a la tabla de precios, y la caracterización de la vivienda, se estiman los siguientes precios por metro cuadrado							
	<b>MUROS Y COLUMNAS (1)</b>	<b>TECHOS (2)</b>	<b>PISOS (3)</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS (4)</b>	<b>REVESTIMIENTOS (5)</b>	<b>BAÑOS (6)</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (7)</b>
Categoría	B	C	D	E	E	D	E
	337.26	171.25	97.64	72.49	90.79	29.06	64.14
Precio Total por m <sup>2</sup>	S/ 862.63						

Nota: La figura representa las partidas a considerar en una vivienda tipo 01 y sus características de acuerdo a la visita realizada en campo. También muestra el precio total por m<sup>2</sup> al que equivale la vivienda. Elaboración Propia

**Figura 32**

Descripción de Partidas Vivienda Tipo 02, Estimación de Precio por m2

DESCRIPCIÓN DE VIVIENDA																																					
		<p align="center"><b>NIVEL ESTRUCTURAL:</b></p> <p><b>Muros y Columnas:</b> Sistema de confinamiento entre muros Ortogonales (Ladrillo) Se consideran muros de albañilería ortogonales</p> <p><b>Techo:</b> La cobertura representativa es de material eternit y/o similares como policarbonato, melamine.</p>																																			
		<p align="center"><b>SUPERVISIÓN TECNICA</b></p> <p>Con ayuda de la vista a campo, realizando un juicio crítico que consta: del uso adecuado de los materiales y estructuración regular y/o ordenada se concluye: EJECUCIÓN SIN SUPERVISIÓN TÉCNICA.</p> <p align="center"><b>ACABADOS</b></p> <p><b>Pisos</b> Acabado final falso piso, Cemento pulido, Ladrillo corriente, etablado corriente.</p> <p><b>Puertas y Ventanas:</b> Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente</p> <p><b>Revestimiento:</b> Estucado de yeso y/o barro, pintura al templeo al agua.</p> <p><b>Baños:</b> En general se cuenta con aparatos sanitarios expuestos en silos.</p>																																			
		<p align="center"><b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS</b></p> <p><b>Instalaciones Sanitarias</b> No se cuenta con instalaciones de red de agua potable, uso de tanques rotoplast, sistema a gravedad. La red desague no existe.</p> <p><b>Instalaciones Electricas</b> Se cuenta con servicio de luz básica. Tomacorrientes. TV y electrodomesticos.</p>																																			
		<p align="center">Vivienda Tipo02</p> <p>De acuerdo a la tabla de precios, y la caracterización de la vivienda, se estiman los siguientes precios por metro cuadrado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MUROS Y COLUMNAS (1)</th> <th>TECHOS (2)</th> <th>PISOS (3)</th> <th>PUERTAS Y VENTANAS (4)</th> <th>REVESTIMIENTOS (5)</th> <th>BAÑOS (6)</th> <th>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS (7)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Categoría</td> <td>D</td> <td>F</td> <td>H</td> <td>G</td> <td>E</td> <td>E</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td></td> <td>224.51</td> <td>22.29</td> <td>24.67</td> <td>29.4</td> <td>90.79</td> <td>17.09</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Precio Total por m2</td> <td colspan="2">S/</td> <td colspan="5">441.75</td> </tr> </tbody> </table>							MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS (7)	Categoría	D	F	H	G	E	E	G		224.51	22.29	24.67	29.4	90.79	17.09	33	Precio Total por m2	S/		441.75		
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS (7)																														
Categoría	D	F	H	G	E	E	G																														
	224.51	22.29	24.67	29.4	90.79	17.09	33																														
Precio Total por m2	S/		441.75																																		

Nota: La figura representa las partidas a considerar en una vivienda tipo 02 y sus características de acuerdo a la visita realizada en campo. También muestra el precio total por m2 al que equivale la vivienda. Elaboración Propia



**Figura 33**

Descripción de Partidas Vivienda Tipo 03, Estimación de Precio por m2

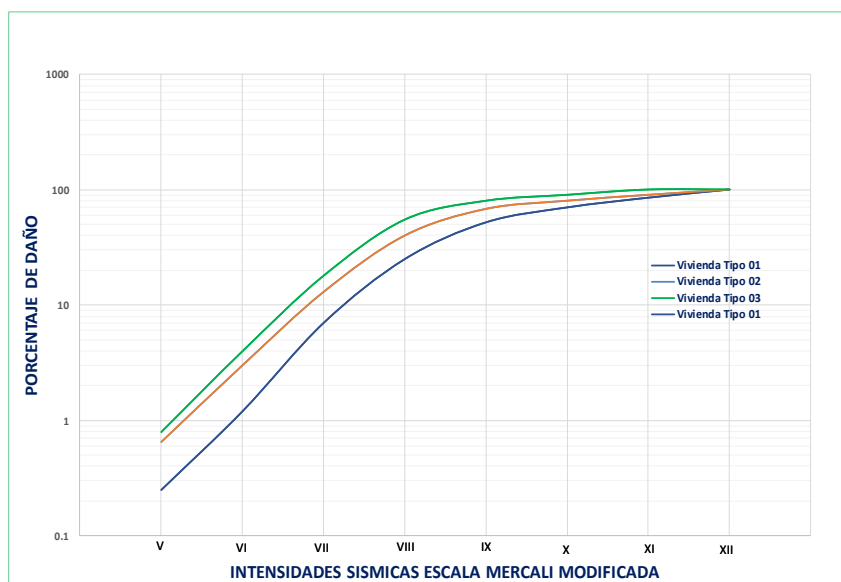
DESCRIPCIÓN DE VIVIENDA							
	<p style="text-align: right;"><b>NIVEL ESTRUCTURAL:</b></p> <p><b>Muros y Columnas:</b> Elementos verticales de Madera (Tornillo o similar). Cerramiento perimetral de muros de madera y/o similar drywall, planchas de triplay, melamine.</p> <p><b>Techo:</b> La cobertura representativa es de material eternit y/o similares como policarbonato, melamine.</p> <p style="text-align: right;"><b>SUPERVISIÓN TECNICA</b></p> <p>Con ayuda de la vista a campo, realizando un juicio crítico que consta: del uso adecuado de los materiales y estructuración regular y/o ordenada se concluye: EJECUCIÓN SIN SUPERVISIÓN TÉCNICA.</p> <p style="text-align: right;"><b>ACABADOS</b></p> <p><b>Pisos</b> Acabado final falso piso, Cemento pulido, Parquet, ladrillo corriente, entablado corriente.</p> <p><b>Puertas y Ventanas:</b> Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente</p> <p><b>Revestimiento:</b> Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple al agua.</p> <p><b>Baños:</b> En general se cuenta con aparatos sanitarios expuestos en silos.</p> <p style="text-align: center;"><b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS</b></p> <p><b>Instalaciones Sanitarias</b> No se cuenta con instalaciones de red de agua potable, uso de tanques rotoplast, sistema a gravedad. La red desague no existe.</p> <p><b>Instalaciones Electricas</b> Se cuenta con servicio de luz basica. Tomacorrientes. TV y electrodomesticos.</p>						
	Vivienda Tipo03						
De acuerdo a la tabal de precios, y la caracterización de la vivienda, se estiman los siguientes precio por metro cuadrado							
	<b>MUROS Y COLUMNAS (1)</b>	<b>TECHOS (2)</b>	<b>PISOS (3)</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS (4)</b>	<b>REVESTIMIENTOS (5)</b>	<b>BAÑOS (6)</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS (7)</b>
Categoría	F	F	H	G	G	H	G
	119.04	22.29	24.67	29.4	52.47	0	33
Precio Total por m2	S/		280.87				

Nota: La figura representa las partidas a considerar en una vivienda tipo 03 y sus características de acuerdo a la visita realizada en campo. También muestra el precio total por m2 al que equivale la vivienda. Elaboración Propia

De acuerdo a lo descrito, en las figuras N° 31,32,33 se establece la Figura N°34 que, resulta de uso único para esta investigación ya que los datos son netamente cualitativos que corresponden a condiciones del lugar.

**Figura 34**

Relaciones de daños para diferentes tipos de construcción



Nota: Teniendo en cuenta el comportamiento de una vivienda de albañilería no reforzada en los estudios realizados por el Ing. Franz Santer, se describe el porcentaje de daño al que cada tipo de vivienda de la zona de estudio se encuentra expuesta ante un evento sísmico extraordinario (VII, VIII, IX y de mayores intensidades).

Por consiguiente, establecemos el impacto de intensidad de un determinado sismo para cada tipo de vivienda:

**Tabla 18**

Impacto de Intensidad del Sismo

Tipo de vivienda	Intensidad Baja			Intensidad Moderada		Intensidad Alta		Intensidad Muy Alta				
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12
Vivienda Tipo03	0	0	0	0.005	0.008	0.04	0.18	0.55	0.8	0.9	1	1
Vivienda Tipo02	0	0	0	0.003	0.0065	0.03	0.13	0.4	0.68	0.8	0.9	1
Vivienda Tipo01	0	0	0	0.001	0.0025	0.012	0.07	0.25	0.52	0.7	0.85	1

Nota: Los resultados de la tabla representan el impacto de Intensidad del Sismo que tiene cada tipo de vivienda del AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración propia.

Con dicha información, se elabora un cuadro descriptivo donde se relaciona el daño causado en las edificaciones establecidas para el presente estudio. Así al caracterizar los daños, establecemos rango directamente proporcional a la cantidad de niveles, teniendo como resultado el siguiente cuadro:

**Tabla 19**

Impactos esperados en las edificaciones del AA. HH Virgen de Lourdes

Nivel de Daño	Impacto Estimado	Descripción del Estado de Daño
Bajo	0.01%-15%	Se presentan daños no estructurales, aparición de fisuras en los muros. Pequeñas pérdidas de verticalidad en sistema de madera
Moderado	15%-30%	Daños Ligeros en componentes del sistema estructural y en los no estructurales considerables. Se presenta fisuras o pequeñas grietas en los muros de albañilería. Desplomes y torsiones en maderas.
Alto	30%-60%	Daño estructural considerable y no estructural excesivo. Se requiere reparar. Grietas, excesivas en muros de albañilería, columnas y vigas. Viviendas de sistema de madera, a punto del colapso. Edificación de albañilería a punto del colapso. Edificación con muros no portantes, colapsados
Muy Alto	60%-100%	Edificación de madera derrumbada

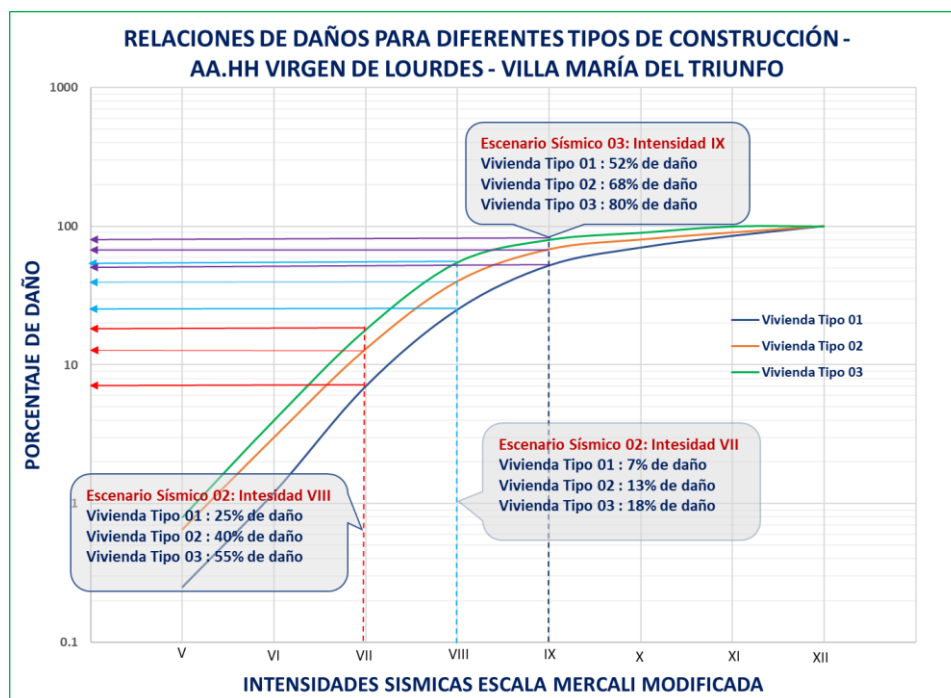
Nota: Elaboración Propia

### 5.6.3. Evaluación De Escenario Sísmico

Se establecen 3 escenarios sísmico con diferentes intensidades, el primer escenario es para una intensidad sísmica de VII, el segundo de VIII y el tercero de IX según la escala Mercalli Modificada y se evalúan de acuerdo al tipo de vivienda como se puede observar en el siguiente gráfico

**Figura 35**

Porcentaje de daños de diferentes escenarios sísmicos



Nota: El gráfico representa el porcentaje de daños para los diferentes tipos de viviendas del AA.HH. Virgen de Lourdes producto de los diferentes escenarios sísmicos. Elaboración Propia.

De la evaluación por lote, se obtienen los siguientes resultados:

#### 5.6.3.1. Escenario N°1- Intensidad VII

- Para las viviendas Tipo 01, el impacto en daños corresponde a un 7%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Bajo.
- Para las viviendas Tipo 02, el impacto en daños corresponde a un 13%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Bajo.
- Para las viviendas Tipo 03, el impacto en daños corresponde a un 18%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Moderado.

Al interceptar los valores de tipo de vivienda, %Porcentaje de daño y Costo/m<sup>2</sup>, se tiene que para un sismo de intensidad VII, los daños ascienden a un total de S/. 8,158,219.39 en el AA. HH Virgen de Lourdes ubicado en Villa María de Triunfo.

**Tabla 20**

Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento sísmico de Intensidad VII

ESCENARIO SÍSMICO N°1			
Intensidad del Sismo	17	Intensidad Alta	
Tipo de Vivienda	Tipo 01	Tipo 02	Tipo 03
Daño estimado	7%	13%	18%
Cantidad	27	1232	1052
	BAJO	BAJO	MODERADO
Pérdidas Totales	S/ 8,158,219.39		

Nota: Los resultados de la tabla representan la estimación de pérdidas económicas ante un evento Sísmico de Intensidad VII – AA. HH Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

#### 5.6.3.2. Escenario N°2 – Intensidad VIII

- Para las viviendas Tipo 01, el impacto en daños corresponde a un 25%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Moderado
- Para las viviendas Tipo 02, el impacto en daños corresponde a un 40%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Alto.
- Para las viviendas Tipo 03, el impacto en daños corresponde a un 55%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Alto.

Al interceptar los valores de tipo de vivienda, %Porcentaje de daño y Costo/m<sup>2</sup>, se tiene que para un sismo de intensidad VII, los daños ascienden a un total de S/. 25,070,724.95 en el AA. HH Virgen de Lourdes ubicado en Villa María de Triunfo.

**Tabla 21**

Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento Sísmico de Intensidad VIII

ESCENARIO SÍSMICO N°2			
Intensidad del Sismo	I8	Intensidad Muy Alta	
Tipo de Vivienda	Tipo 01	Tipo 02	Tipo 03
Daño estimado	25%	40%	55%
Cantidad	27	1232	1052
Pérdidas Totales	MODERADO	ALTO	ALTO
	S/ 25,070,724.95		

Nota: Los resultados de la tabla representa la estimación de pérdida económica ante un evento Sísmico de Intensidad VIII – AA. HH Virgen de Lourdes. Elaboración Propia.

5.6.3.3. Para el Escenario N°3

- Para las viviendas Tipo 01, el impacto en daños corresponde a un 52%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Moderado
- Para las viviendas Tipo 02, el impacto en daños corresponde a un 68%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Alto.
- Para las viviendas Tipo 03, el impacto en daños corresponde a un 80%, clasificando directamente en un Nivel de Riesgo/Daño de vivienda Alto.

Al interceptar los valores de tipo de vivienda, % Porcentaje de daño y Costo/m<sup>2</sup>, se tiene que para un sismo de intensidad VII, los daños ascienden a un total de S/. 40,165,695.09 en el AA. HH Virgen de Lourdes ubicado en Villa María de Triunfo. Donde se muestra que las pérdidas son cuantiosas a nivel total del asentamiento.

**Tabla 22**

Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento Sísmico de Intensidad IX

<b>ESCENARIO SÍSMICO N°3</b>			
<b>Intensidad del Sismo</b>	19	<b>Intensidad Muy Alta</b>	
<b>Tipo de Vivienda</b>	Tipo 01	Tipo 02	Tipo 03
<b>Daño estimado</b>	52%	68%	80%
<b>Cantidad</b>	27	1232	1052
<b>Pérdidas Totales</b>	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO
	S/ 40,156,695.09		

Nota: Los resultados de la tabla representan la Estimación de Pérdidas Económicas ante un evento Sísmico de Intensidad IX – AA. HH Virgen de Lourdes. Elaboración Propia

## DISCUSIÓN

**He.1:** Al analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales se identifica la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020

En el Capítulo V, inciso 5.1, en base a la plataforma Google Earth Pro se identifica la relación que existe entre las imágenes satelitales obtenidas a través del tiempo y la cobertura de viviendas existentes en la zona de estudio, las cuales tienen un incremento variable con el transcurrir de los años. Siendo para el año 2002 un total de 746 viviendas identificadas con un área de delimitación de 127421m<sup>2</sup>, para el año actual se identificó 2311 viviendas teniendo como área delimitada 508060.67m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en el mismo capítulo en mención, se observa que para los satélites LandSat 7 y Landsat 8, el análisis de crecimiento urbano no es viable debido a que las resoluciones captadas por estas plataformas carecen de información por agentes locales de la zona de estudio, por factores de superficie que afectan la resolución, contraste de imágenes donde solo se pueden identificar las zonas excavadas y/o vías de acceso.

**Figura 36** Población 2020 – LANDSAT 8



Nota: La figura representa el procesamiento de la imagen satelital LANDSAT 8 en el 2020 para la identificación de zonas urbanas en el AA.HH. Virgen de Lourdes. Elaboración propia



**Figura 37** Población 2020 del AA. HH Virgen de Lourdes



Nota: La figura representa el procesamiento de la imagen satelital LANDSAT 7 en el 2020 para la identificación de zonas urbanas en el AA.HH. Virgen de Lourdes.  
Elaboración propia

Por lo tanto, la hipótesis no es válida, ya que no se pudo identificar el crecimiento urbano sostenida en un periodo de tiempo en zonas de pendiente con diferentes plataformas satelitales ya que con el tipo de información que se obtiene no se puede hacer la detección debido a problemas de resolución, imposibilitando la identificación del suelo ocupado.

**Ho1:** Se puede definir áreas de expansión urbana a través de un análisis espacial multicriterio apoyados en Sistemas de Información Geográfica.

López,R.A., (2009) En su estudio se determina que las herramientas SIG son útiles para procesar las imágenes LandSat para realizar una comparación multitemporal de zonas urbanas y poder captar el crecimiento urbano a través del tiempo.

De tal manera, de acuerdo a la investigación mencionada y los resultados obtenidos, exponemos que los agentes locales son importantes en la evaluación de imágenes

satelitales, ya que la investigación citada no presentó problemas para el análisis de crecimiento urbano mediante imágenes satelitales.

Por ende, la hipótesis específica uno no es válido, debido a las condiciones del lugar de estudio, se tiene que el tipo de cobertura de las viviendas no son visualizadas ya que se confunden con el color del suelo, dificultando la detección del crecimiento urbano a detalle.

**He02:** Al evaluar diferentes productos producidos por plataformas satelitales se determina las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.

En el Capítulo V, inciso 5.2 se evidencia que con el uso de las herramientas SIG (Global Mapper y Open Topography) se obtiene curvas de nivel, que al procesarlas se determinan los rangos de pendientes de la zona, y con apoyo del manual de CENEPRED estas son consideradas como partes del factor de exposición de la vulnerabilidad, las informaciones recopiladas para el proceso de obtención de Pendientes son coherentes ya que se validan con las visitas a campo. De la misma manera, con la aplicación de la plataforma Open Topography

Por lo tanto, la segunda hipótesis es válida.

**Ho2:** Es cierto que al utilizar herramientas SIG se puede identificar el rango de pendientes de una zona específica para determinar una zonificación de peligro sísmico.

Rojas,J. y Valverde,R.,( 2010) Los autores lograron determinar los rangos de pendientes de su zona en estudio, mediante la utilización de herramientas SIG (Google Earth, Global Mapper, ArcGIS), aplicando las correcciones necesarias a las curvas de nivel con la finalidad de determinar la zonificación del peligro sísmico.

Por ende, de acuerdo a la investigación mencionada, la tercera hipótesis específica es válida ya que la aplicación de herramientas SIG, es útil para el procesamiento de información y determinación de pendientes.

**He 03:** Al determinar las diferentes tipologías de las edificaciones en el área de estudio se identifica su vulnerabilidad sísmica.

En el Capítulo V, incisos 5.3 al 5.4, se identifican las diferentes tipologías de viviendas, donde para determinar su nivel de vulnerabilidad se evalúan los factores de exposición, fragilidad y resiliencia. Cada uno de estos cuentan con diferentes parámetros que, de acuerdo a un proceso de análisis jerárquico, Metodología SAATY, se establece que la mayor y menor incidencia viene de la pendiente y el proceso constructivo respectivamente.

Al realizar el cruce de información de los parámetros en las diferentes tipologías de viviendas se obtiene que, el 0.35% de viviendas se encuentra con vulnerabilidad muy alta, 7% de viviendas en Vulnerabilidad Media y el 93% de viviendas se encuentra con vulnerabilidad Alta.

Por lo tanto, la hipótesis es válida, ya que al determinar las tipologías de edificaciones y al evaluar los factores de vulnerabilidad se pueden identificar el nivel de vulnerabilidad en cada vivienda.

Ho3: Es cierto que al determinar la tipología de edificación se puede evaluar su vulnerabilidad para establecer mapas temáticos.

Juan Olarte, J., (2011) Los autores lograron establecer mapas temáticos de vulnerabilidad de las edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado. Partiendo de la identificación de tipologías de

edificaciones, estableciendo parámetros de análisis, concluyendo que las edificaciones de adobe tienen una vulnerabilidad alta, albañilería media y concreto armado baja.

Por lo tanto, de acuerdo a la investigación mencionada, queda demostrado que la tercera hipótesis específica es válida ya que, al identificar el tipo de edificación, es posible determinar su vulnerabilidad.

**He04:** Al establecer escenarios sísmicos se determina el riesgo en las edificaciones existentes

En el Capítulo V, incisos del 5.5 al 5.6, se tiene la evaluación de Vulnerabilidad y Peligro para las viviendas en la zona de estudio, obteniéndose como producto de este cruce de información el Riesgo Sísmico al que se encuentran expuestos.

El 13% de viviendas se encuentran en un riesgo medio, 53% en riesgo alto y el 34% de las viviendas en un riesgo muy alto.

Para estimar pérdidas económicas, se establecen escenarios sísmicos, precio por metro cuadrado de acuerdo a la tipología de las viviendas.

El daño en las viviendas viene caracterizado por la interacción de la escala Mercalli Modificada y el material predominante como sistema estructural en las diferentes tipologías de viviendas. De esta manera la percepción de la intensidad el sismo es diferente para cada tipo de vivienda, con ello, el daño en la vivienda.

El criterio en mención corresponde a juicio propio debido a que la estimación de daño proviene de datos netamente cualitativos, condicionando la estimación de daños con el análisis estructural como lo muestran otras metodologías como, Benedetti y Petrini.

Al realizar este cruce de información se tiene que para un Sismo de Intensidad Baja no se cuentan con pérdidas económicas, para un sismo de Intensidad Moderada se puede llegar hasta S/. 6,058,894.54 en pérdidas, Intensidad Alta, las pérdidas suman un total de S/. 38,028,320.42 y para un sismo excepcional donde el desastre sería en un 100% se estiman unas pérdidas de S/. 49,821,383.17 en la zona de estudio.

**Ho4:** Es cierto que al establecer escenarios sísmicos se determina los niveles de riesgo al que la población se encuentra expuesto.

DIPRE, Escenario Sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8Mw.,( 2017) Al relacionar los parámetros de vulnerabilidad y peligro, INDECI obtuvo que para un escenario VIII MM, se estima que la zona de mayor impacto, sería: Lima con 2'035,630 viviendas expuestas y Callao con 212,587 viviendas expuestas.

Por ende, de acuerdo a la investigación mencionada, se tiene que la cuarta hipótesis específica es válida, ya que se muestra que al establecer escenarios sísmicos se puede determinar niveles de riesgo, así como afectación de las viviendas.

La hipótesis general presentada en la investigación señala que: al procesar de manera multitemporal las imágenes satelitales de la zona en estudio, se puede identificar el crecimiento urbano en zonas de pendiente de tal manera que se pueda identificar su exposición al riesgo sísmico en el distrito de Villa María del Triunfo.

La primera hipótesis específica resulta no ser válida, ya que es falso que de todas las plataformas satelitales se puede obtener información para detectar el suelo ocupado en nuestra zona de estudio AA. HH Virgen de Lourdes Villa María del Triunfo.

La segunda hipótesis específica resulta ser válida, ya que es verdad que se puede obtener información de distintas plataformas para la identificación de pendientes en nuestra zona de estudio.

La tercera hipótesis específica resulta ser válida, ya que es verdad que al determinar las tipologías de edificaciones se puede identificar la vulnerabilidad sísmica.

La cuarta hipótesis específica resulta ser válida, ya que es cierto que al establecer escenarios sísmicos se pueden estimar las pérdidas económicas a partir de su nivel de riesgo.

El desarrollo de esta investigación es producto de la aplicación de diferentes herramientas SIG para la identificación del crecimiento urbano en zonas de pendiente para evaluar el riesgo sísmico, se pudo identificar que el crecimiento urbano ocurre de la siguiente manera :2002 (746 lotes, 0.127 km<sup>2</sup>), 2005 ( 891 lotes, 0.16 km<sup>2</sup>), 2008 (1023 lotes, 0.193 km<sup>2</sup>), 2009 (1055 lotes, 0.203km<sup>2</sup>), 2010 (1711 lotes, 0.319km<sup>2</sup>), 2011 (1890 lotes, 0.380km<sup>2</sup>), 2012 (2118 lotes, 0.465km<sup>2</sup>), 2013 (2186 lotes, 0.467km<sup>2</sup>), 2014 (2190 lotes, 0.476km<sup>2</sup>), 2015 (2247 lotes, 0.483km<sup>2</sup>), 2016 (2252 lotes, 0.484 km<sup>2</sup>), 2017 ( 2272 lotes, 0.486km<sup>2</sup>), 2018 (2284 lotes, 0.497km<sup>2</sup>), 2019 (2247 lotes, 0.501km<sup>2</sup>), 2020 (2311 lotes, 0.508km<sup>2</sup>). De acuerdo a la evaluación desarrollada se determina que el asentamiento humano Virgen de Lourdes se encuentra en riesgo sísmico debido a que las viviendas han sido asentadas en pendientes, pues solo el 6.01% están ubicadas en zonas semiplanas (0-20°), el 57.72% en zonas de pendiente media (20°-30°), el 35.53% en zona de pendiente alta (30°-45°) y el 0.74% en zonas >45°.

A partir de la evaluación de factores de peligro sísmico se tiene que: el 12% de viviendas se encuentran con Peligro medio, el 54% Peligro Alto y el 34% con un peligro muy alto. En la evaluación de vulnerabilidad se tiene que: el 7% de las viviendas tienen una vulnerabilidad media, 93% una vulnerabilidad Alta y el 7% una vulnerabilidad muy alta. De esta manera se determina el riesgo sísmico en la zona de estudio, obteniendo que el 13% de viviendas se encuentran en un riesgo medio, 53% en riesgo alto y el 34% de las viviendas en un riesgo muy alto.

Adicional a los resultados, se establecen diferentes escenarios sísmicos donde se evalúan los daños a partir de la interacción de la intensidad según la escala Mercalli Modificada y el tipo de sistema estructural expuesto cada vivienda. Obteniéndose que, para un sismo

de Intensidad VII se puede llegar hasta S/. 8,158,218.39 en pérdidas, para un sismo de Intensidad VIII las pérdidas suman un total de S/. 25,070,724.95 y para un Sismo excepcional Intensidad IX donde el desastre sería hasta en un 100% se estiman unas pérdidas de S/. 40,156,695.09.

A lo descrito se concluye que la hipótesis general es válida, a pesar de la dificultad de la hipótesis específica uno, la cual se pudo desarrollar con apoyo de otras herramientas SIG. Las demás hipótesis específicas son válidas, pues se pudo identificar el crecimiento urbano en zonas de pendiente para determinar el riesgo sísmico.

## CONCLUSIONES

1. El uso de plataformas satelitales y herramientas SIG resultan ser instrumentos eficaces para la detección del suelo ocupado y la identificación del crecimiento urbano a través del tiempo, las imágenes extraídas del Google Earth presentan mejor resolución que las imágenes del LAND SAT 7 y 8.
2. Al evaluar los productos de la zona de estudio desde diferentes plataformas satelitales, se obtienen resultados que coinciden con las inclinaciones observadas en campo, permitiendo clasificarlas de acuerdo al manual CENEPRED estableciendo rangos: de (0-20°) pendiente baja, de (20-30°) pendiente media, de (30-45°) pendiente alta/moderada y para (>45°) pendiente escarpada.
3. Las clasificaciones de tipologías de edificaciones permiten la evaluación de los diferentes factores de vulnerabilidad al que se encuentran expuestos, para el caso en estudio se tiene: exposición, fragilidad y resiliencia. Donde al evaluarlos se establecen los niveles de vulnerabilidad al que se encuentra expuesto el AA. HH Virgen de Lourdes. Mostrándonos que el 7% (157 viviendas) se encuentran con una vulnerabilidad media, 93% (2146 viviendas) con vulnerabilidad alta y el 0.35% (8 viviendas) con vulnerabilidad muy alta. Por lo tanto, la mayor parte de la población se encuentra en una vulnerabilidad Alta.
4. El riesgo sísmico se establece producto de la vulnerabilidad encontrada en las viviendas y el peligro al que se encuentran expuesto en la zona de estudio. De esta manera se tiene que, 301 Viviendas (13%) se encuentran en un riesgo medio, 1234 viviendas (53%) en un riesgo alto y 776 viviendas (34%) en un riesgo muy alto. Así establecemos un riesgo alto a las viviendas del Asentamiento Humano Virgen de Lourdes debido a la cantidad de número de casos.
5. Se han considerado diferentes intensidades para establecer una relación de daño para las diferentes tipologías de edificaciones que se encuentran en el AA. HH Virgen de Lourdes. De acuerdo al silencio sísmico en esta zona se caracterizó escenarios sísmicos con intensidades VII, VIII y IX, teniendo como resultado pérdidas que ascienden hasta el valor de S/. 8,158,219.39, S/. 25,070,724.95, S/. 40,156,695.09, respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Para el proceso de identificación de zonas con poblaciones informales, se deben estimar el uso de diferentes plataformas satelitales, ya que estas cuentan con diferentes tipos de bandas, las cuales pueden ser combinadas de diferentes maneras, existen diferentes metodologías de corrección de imágenes para lograr una mejor resolución y calidad de estas.
2. Se recomienda evaluar más a detalle las viviendas autoconstruidas en las zonas de suelos donde las amplificaciones del sismo son mayores, de esta manera se pueda comunicar a la población del probable daño a sufrir ante un evento sísmico y tomar las medidas de prevención adecuadas.
3. De manera complementaria se recomienda uso de metodologías y herramientas cuantitativas tales como, Etabs, SAP2000, normas E.060, E.070, E.030 para un análisis estructural, así como también la aplicación de encuestas, métodos estadísticos. Que, al evaluar la interacción del escenario sísmico, el tipo de vivienda y el riesgo en el que se encuentran se puedan estimar daños y pérdidas económicas con mayor precisión.
4. Al tener en cuenta las pérdidas económicas, las personas tomarán más conciencia de lo que pueden perder, tendrán más responsabilidad social y mayor cuidado con el proceso constructivo de sus viviendas.
5. Se recomienda mayor control por parte de los municipios, ya que, al realizar las visitas a campo, muchos vecinos de la comunidad manifestaban que contaban con título de propiedad, sin embargo, estas propiedades no cumplen con la Ley N°30645 que menciona que está prohibido construir en áreas intangibles, es decir, quebradas, zonas de reserva, que son destinadas para uso de arborización y fines ecológicos.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Vélez-Castaño, J. D., Betancurth-Montes, G. L., & Cañón-Barriga, J. E. (Abril de 2020). Erosión y progradación en el delta del río Atrato: Análisis espaciotemporal con Google Earth. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 83-98. doi:<http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.20200688>
- Aldogom, D., Aburaed, N., Al Saad, M., Saeed, A., Rashid al Shamsi, M., & Ahmed Al Maazmi, A. (2019). Multi temporal satellite images for growth detection and urban sprawl analysis; Dubai City, UAE. *Spie 11157*, 1-11.
- Ambiental, G. (20 de Noviembre de 2019). *Características de las misiones de los satélites LANDSAT*. Obtenido de Geomática Ambiental: <https://www.geomatica.pe/blog/caracteristicas-de-las-misiones-de-los-satelites-landsat>
- Ambiente, M. d. (28 de Febrero de 2012). *Intituto Geofísico del Perú*. Obtenido de <https://www.igp.gob.pe/version-anterior/conceptos-basicos>
- ArcGIS Resources*. (s.f.). Obtenido de Esri: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000t000000.htm#:~:text=Un%20sistema%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica,realiza%20fundamentalmente%20con%20los%20mapas>
- Barakat, A., Aafaf El Jazouli , & Khellouk, R. (Abril de 2019). GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*, 6(1), 1-12. doi:<http://dx.doi.org/10.1186/s40677-019-0119-7>
- Basurto, R. (s.f.). *Vulnerabilidad sísmica y mitigación de desastres en el distrito de San Luis*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- CENEPRED. (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*. Lima: NEVA STUDIO SAC.
- CENEPRED. (s.f.). *Ministerio de Defensa*. Obtenido de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>
- Chuvieco, E. (2008). Fundamentos de Teledetección Espacial. En E. Chuvieco, *Fundamentos de Teledetección Espacial* (pág. 30). Madrid: Ariel SA.
- CISMID. (2015). *MAPA DE MICROZONIFICACIONES*.
- D.Muñoz. (1989). *Conceptos Básicos en Riesgo Sísmico*. Madrid.

- DIPRE, I. . (2017). Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471.pdf>
- geografía sig.* (s.f.). Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema03.pdf>
- GESTIÓN, D. (30 de Octubre de 2020). IGP sobre prolongado silencio sísmico en Lima: “Se está acumulando mucha energía”. Obtenido de <https://gestion.pe/peru/igp-sobre-silencio-sismico-en-lima-se-esta-acumulando-mucha-energia-en-cualquier-momento-podria-originarse-un-sismo-muy-fuerte-nndc-noticia/>
- INDECI. (s.f.). *Ministerio de Defensa*. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/movimientos-sismicos.pdf>
- Infancia, E. M. (2012). *unicef.org*. Obtenido de <https://www.unicef.org/spanish/sowc2012/pdfs/SOWC-2012-Definiciones.pdf>
- Instituto Geofísico del Perú . (2014). *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú*. Lima.
- Jiménez, S. (20 de marzo de 2016). *Hidráulica Fácil*. Obtenido de Hidráulica Fácil: <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- Juan Antonio Rojas Ishikawa, J. R. (2010). *Análisis de fallas geológicas y riesgo sísmico en la zona Noroeste de Lima Mediante imágenes de Satélite*. Lima.
- Juan Olarte, J. J. (2011). *Evaluación Del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo*. Chiclayo.
- Kuroiwa Horiuchi , J. (2016). *Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú*. Industrias Gráficas Ausangate S.A.C.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de Desastres*. Lima.
- López, R. A. (2009). *Determinación de áreas con aptitud para la expansión urbana con fines de ordenamiento territorial aplicando el análisis espacial multicriterio: Caso: Cuenca baja del río Lurín*. Lima .
- Miyasiro López, M. G., & Ortiz Huamaní, M. A. (2016). *Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera ( 1986-2014)*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- NASA. (s.f.). *Nasa Ciencia LANDSAT*. Obtenido de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7>
- Perú, C. D. (2020). *Cuadro Valores Unitarios Oficiales De Edificación Para La Costa , Al 30 De Setiembre De 2020*. Lima.

- PREDES. (2011). *Escenarios de Riesgo y medidas de Mitigación del Riesgo de Desastres en el Distrito de Villa María de Triunfo*. Lima. Obtenido de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2150/doc2150-contenido.pdf>
- Ramos, D. (2019). *MappingGIS*. Obtenido de MappingGIS: <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/#:~:text=La%20combinaci%C3%B3n%20de%20bandas%20en,ser%C3%ADa%208%2C%204%2C%203>.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*.
- Satélites Artificiales*. (s.f.). Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/satelites-artificiales/>
- SISMICA, I. N. (2008). <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Intensidad%20y%20Magnitud.pdf>. Obtenido de <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Intensidad%20y%20Magnitud.pdf>
- Zegarra, J. A. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Tarapoto*.

## ANEXOS

### Anexo I Matriz de Consistencia

PROBLEMÁTICA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODO
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>				<b>Método de Investigación</b>
¿Cómo se identifica el crecimiento urbano en zonas de pendiente para así determinar su riesgo sísmico, en el distrito de Villa María del Triunfo?	Identificar a través del procesamiento de imágenes satelitales multitemporales las zonas de ocupación urbana para evaluar el riesgo sísmico en las laderas de las colinas del distrito de Villa María Del Triunfo.	Al procesar de manera multitemporal las imágenes satelitales de la zona en estudio, se puede identificar el crecimiento urbano en zonas de pendiente de tal manera que se puede identificar su exposición al riesgo sísmico en el distrito de Villa María del Triunfo.	Procesamiento multitemporal de imágenes satelitales	Resolución Tiempo Satélite	Alta Baja 2002 al 2020 Landsat 7 Landsat 8 Geo eye Área	<b>Método</b> , La investigación se evaluará por el método deductivo, partiendo de la observación de los múltiples hechos de expansión urbana, metodología en la autoconstrucción, en un cierto periodo de tiempo.  <b>Orientación</b> , La investigación tiene una orientación Aplicada, dado que se basa en la aplicación del sistema de información geográfica, para establecer mapas temáticos identificando las problemáticas ante eventos sísmicos en relación con el crecimiento urbano.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>				<b>Enfoque</b> , ya que de manera cualitativa se podrá identificar los factores de vulnerabilidad sísmica a través de visitas a campo y de manera cuantitativa se identificará el crecimiento urbano en m2
¿De qué manera el suelo ocupado entre los años 2002 al 2020 en Villa María del Triunfo puede ser identificado?	Analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales para la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020.	Al analizar imágenes satelitales de diferentes plataformas satelitales se identifica la detección del suelo ocupado dentro de los años 2002-2020	Procesar imágenes satelitales	Resolución Satélite	Alta Baja Landsat 7 Landsat 8 Geo eye	<b>Tipo de Investigación</b> El tipo de investigación a desarrollarse es descriptivo-correlacional  <b>Descriptivo:</b>
			Detección del suelo ocupado	Suelo Ocupado	Mapa temático del de población urbana por año Cuadro de análisis de crecimiento urbano Curva de Tendencia de crecimiento urbano	a) Se describirá la ocupación en zonas de pendiente a través del tiempo. b) Se describirán las diferentes tipologías de edificaciones en la zona de estudio. c) Se describirán los diferentes parámetros para evaluar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en la zona estudio.
¿Cómo las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones del distrito de Villa María del Triunfo pueden ser determinadas?	Evaluar diferentes productos por plataformas satelitales para la determinación de las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.	Al evaluar diferentes productos producidos por plataformas satelitales se determina las pendientes en zonas ocupadas por edificaciones.	Productos producidos por plataformas satelitales	Herramientas SIG	Open Topography Global Mapper Google Earth AutoCAD ArcGis	<b>Correlacional</b> , Se relacionan la expansión urbana, el tipo de edificación y el nivel de riesgo sísmico.
			Pendientes	Rangos de inclinación del terreno	Mapa temático de identificación de la inclinación de suelo ocupado	
¿De qué manera la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en zonas de expansión urbana de las colinas de Villa María del	Identificar las diferentes tipologías de las edificaciones en la zona de estudio para la evaluación de la vulnerabilidad y peligro.	Al determinar las diferentes tipologías de las edificaciones en el área de estudio se identifica su vulnerabilidad sísmica.	Tipologías de las edificaciones	Viviendas de Albañilería simple Viviendas de albañilería Confinada	Mapa temático de identificación de tipología de las viviendas	<b>Diseño de Investigación</b>  <b>No Experimental</b> . En la investigación se observarán los fenómenos en su ambiente natural, para luego ser analizados. Retrospectivo:

Triunfo puede ser identificada?

¿Cómo el riesgo sísmico de las edificaciones existentes ubicadas en las laderas de las colinas de Villa María del Triunfo puede ser evaluado?

Establecer escenarios sísmicos para la determinación del riesgo en las edificaciones existentes.

Al establecer escenarios sísmicos se determina el riesgo en las edificaciones existentes

		Viviendas de madera		<b>Retrospectivo.</b> Se recolectará los datos del área de estudio de distintas fuentes de información
		Exposición : Localización de la vivienda por pendiente.		<b>Transversal.</b> Ya que nuestras variables son observadas por única vez en el presente estudio.
	Vulnerabilidad	Fragilidad: Por: Material de Construcción y Proceso Constructivo		<b>Universo,</b> Será la Ciudad de Lima
		Resiliencia: Responsabilidad Social.		<b>Población de estudio,</b> Se tomará como población de estudio las zonas del distrito de Villa María del Triunfo ubicado en pendiente. Provincia de Lima, departamento de Lima.
		<b>Intensidad de Sismo</b>		<b>Diseño muestra,</b> son las viviendas ubicadas en las zonas de pendientes del Asentamientos Humano Virgen de Lourdes en Villa María del triunfo.
		Escala Mercalli Modificada	Cuadro de intensidad de sismo por tipo de vivienda	<b>Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos:</b>
		<b>Impacto de daño esperado</b>		a)Se realizarán capturas fotográficas in situ de acuerdo a las vistas ejecutadas.
	Escenarios Sísmicos	Material Predominante de viviendas como sistema estructural	Tabla de Relación de Daños para diferentes tipo de construcción para el AA. HH Virgen de Lourdes - Villa María del Triunfo.	b)Se recopilarán imágenes satelitales en diferentes periodos de tiempo mediante diferentes plataformas virtuales.
		<b>Impacto económico</b>	Valores Unitarios Oficiales De Edificación Para La Costa, Al 30 De Setiembre De 2020	c)Se utilizarán técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales mediante un SIG.
		Valores de viviendas de acuerdo.	Cuadro de precios por tipos de viviendas clasificados	d)Se analizará la información existente, tales como artículos, mapas. Asimismo, el procedimiento de recolección de datos.
		Peligro	Mapa de Peligro a nivel de Lotes en el Asentamiento Humano Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	e)Se solicitará información a entidades públicas, como: COFOPRI.
			Mapa de Vulnerabilidad a nivel de Lotes en el Asentamiento Humano Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	<b>Procedimiento de Análisis</b>
	Riesgo sísmico	Vulnerabilidad	Mapa de Riesgo Sísmico a nivel de Lotes en el Asentamiento Humano Virgen de Lourdes – Villa María del Triunfo 2020	a)Se realizó el comparativo del procesamiento de imágenes satelitales extraídas de diferentes plataformas para la evaluación del crecimiento urbano en zonas de pendientes.
				b)Se procesó imágenes satelitales obtenidas del Google Earth en el Global Mapper para obtener las pendientes de las zonas con suelos ocupados
				c)Se identificó la tipología de las viviendas en la zona de estudio.
				d)Se determinará los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad y el peligro sísmico, se utilizó el proceso de análisis jerárquico, (Saaty, 1980) , para la determinación de los pesos de éstos.
				e)De acuerdo a la escala Mercalli Modificada se evaluó diferentes escenarios sísmicos para estimación de pérdidas económicas en la zona

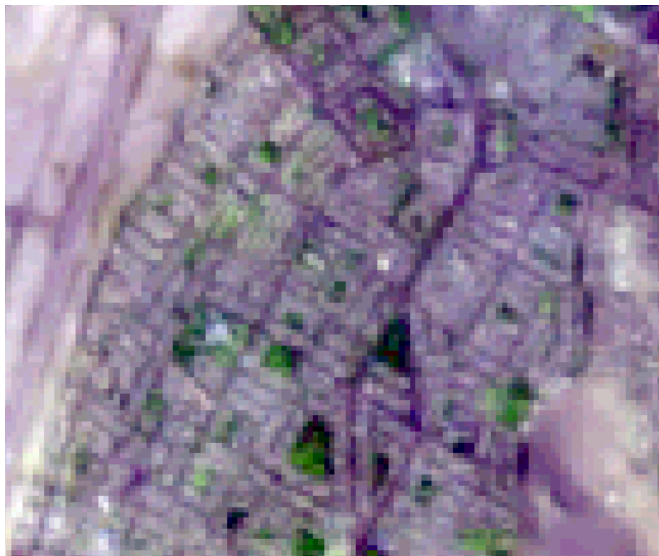
Nota: Elaboración propia

Anexo 2 Imagen de LandSAT 8 del 2020 del AA. HH Virgen de Lourdes



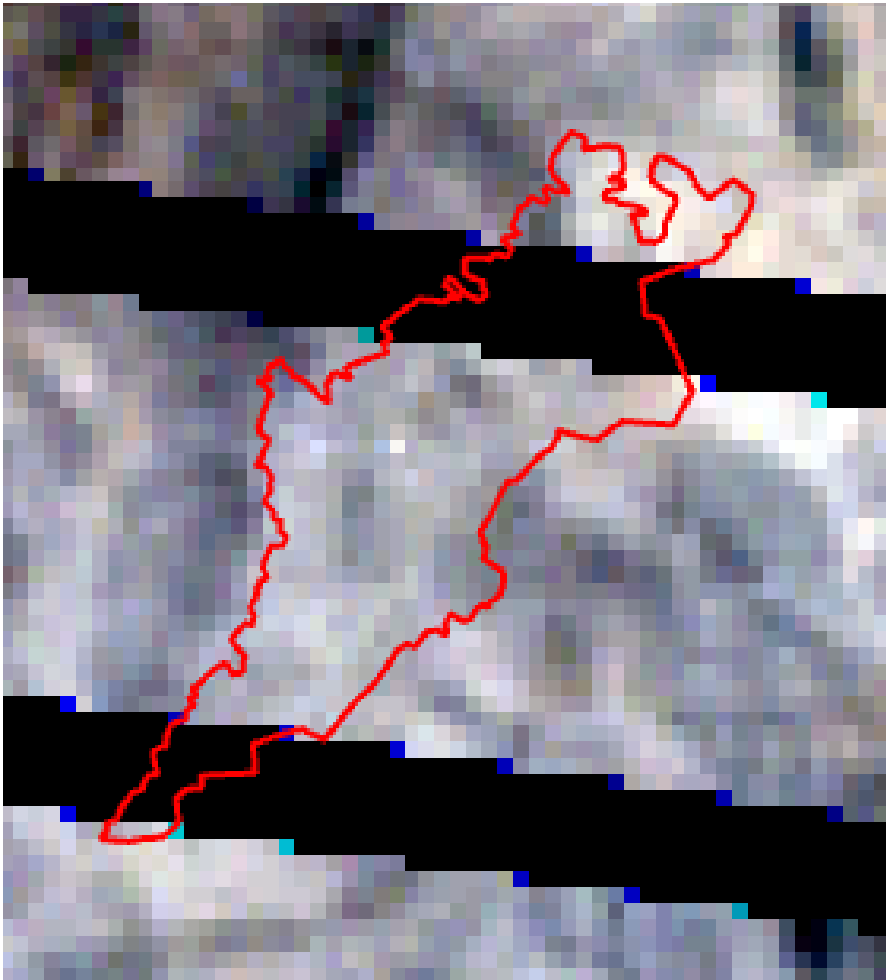
Nota: Imagen extraída del LandSat 8

Anexo 3 Imagen del LandSAT 8 de cobertura en zona urbana



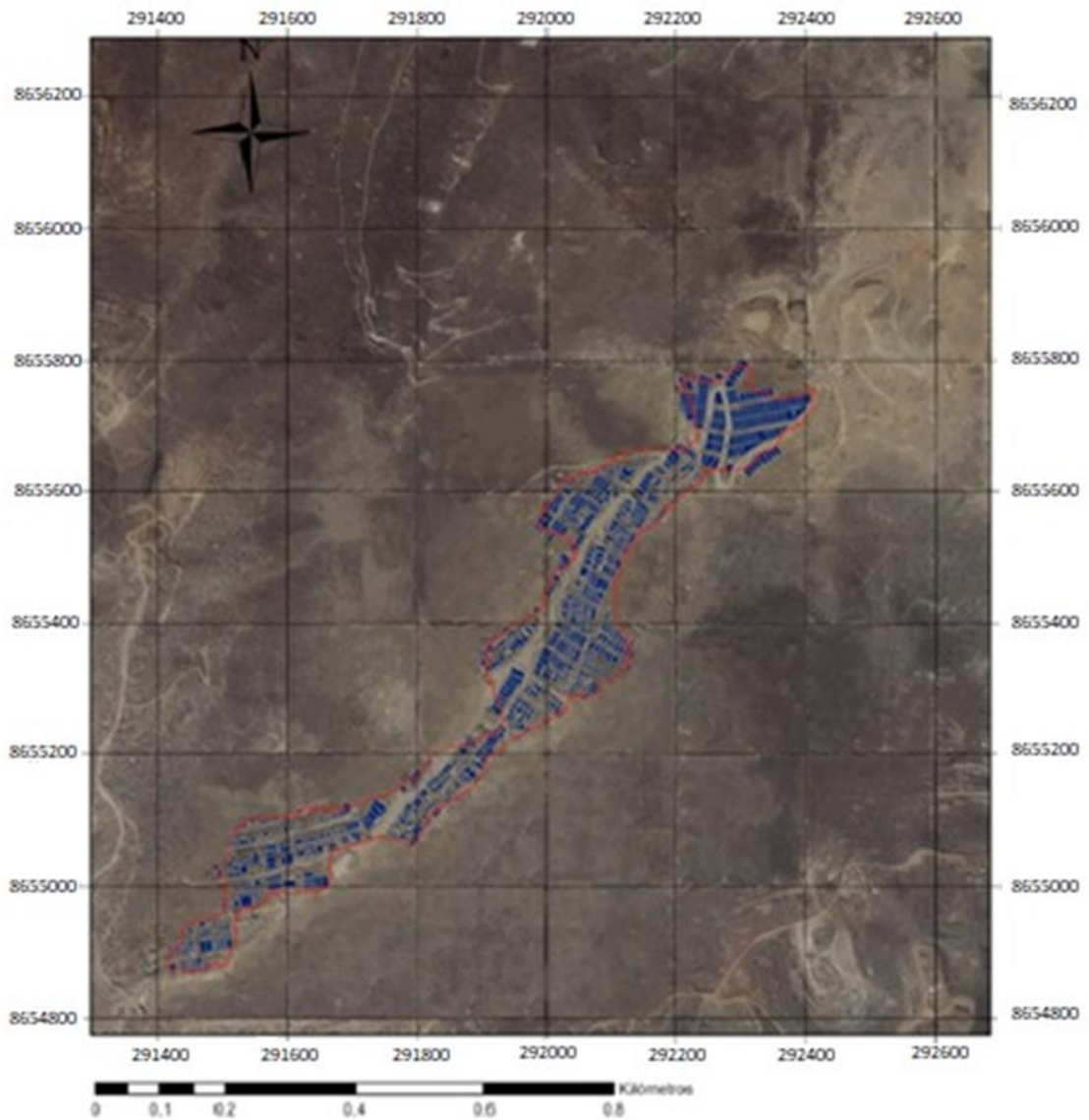
Nota: Imagen extraída del LandSat 8, representa a zonas urbanizadas

Anexo 4 Imagen satelital LandSAT 7, Año 2020



Nota: Imagen extraída del LandSAT 7

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2002



LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

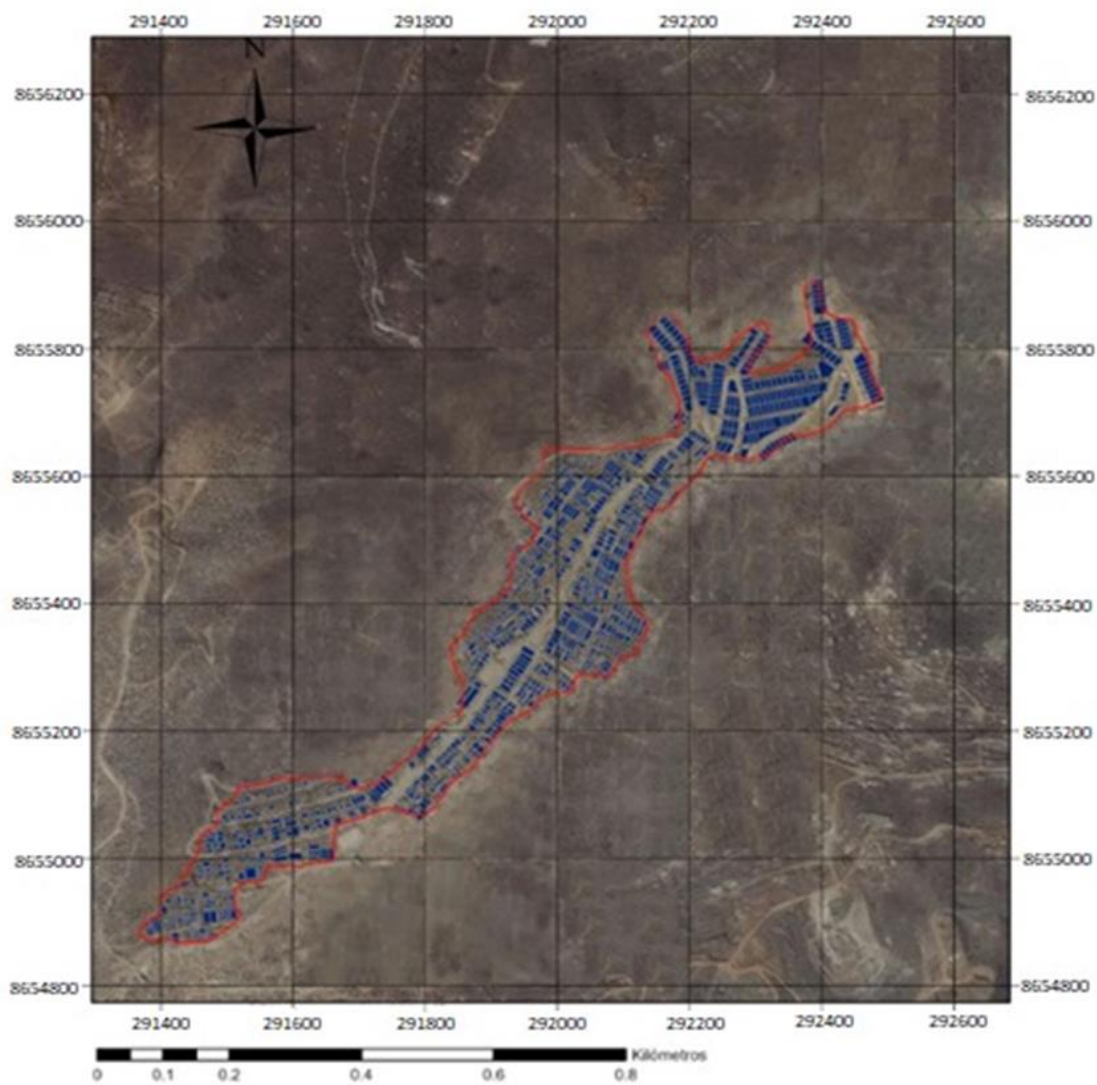
INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR :	PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth.



Anexo 6 Mapa de Población Urbana en el 2008 del AA. HH Virgen De Lourdes

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2008



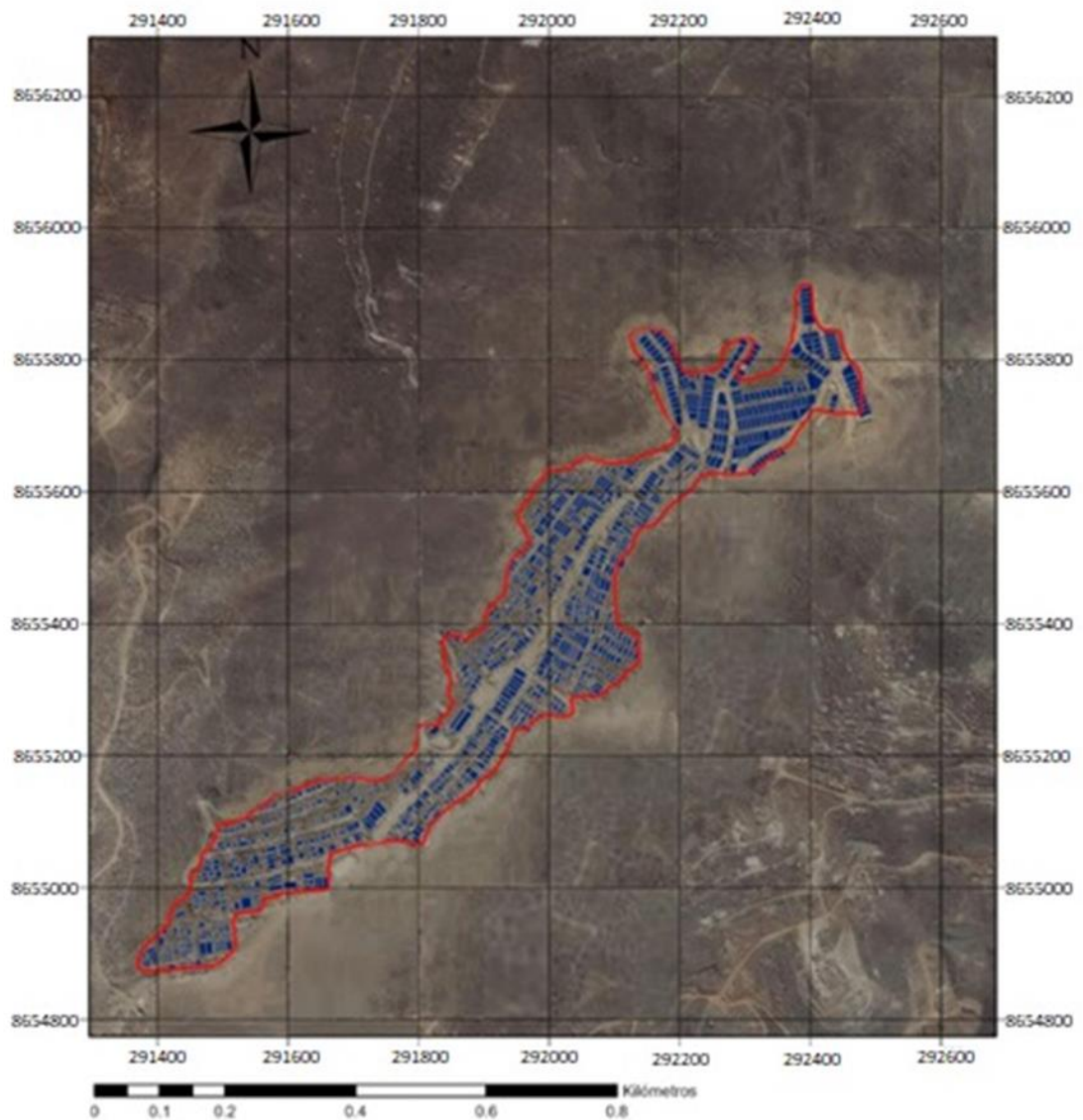
LEYENDA

- VIVIENDAS
- DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES: BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL  
BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR  
ASESOR : PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2009

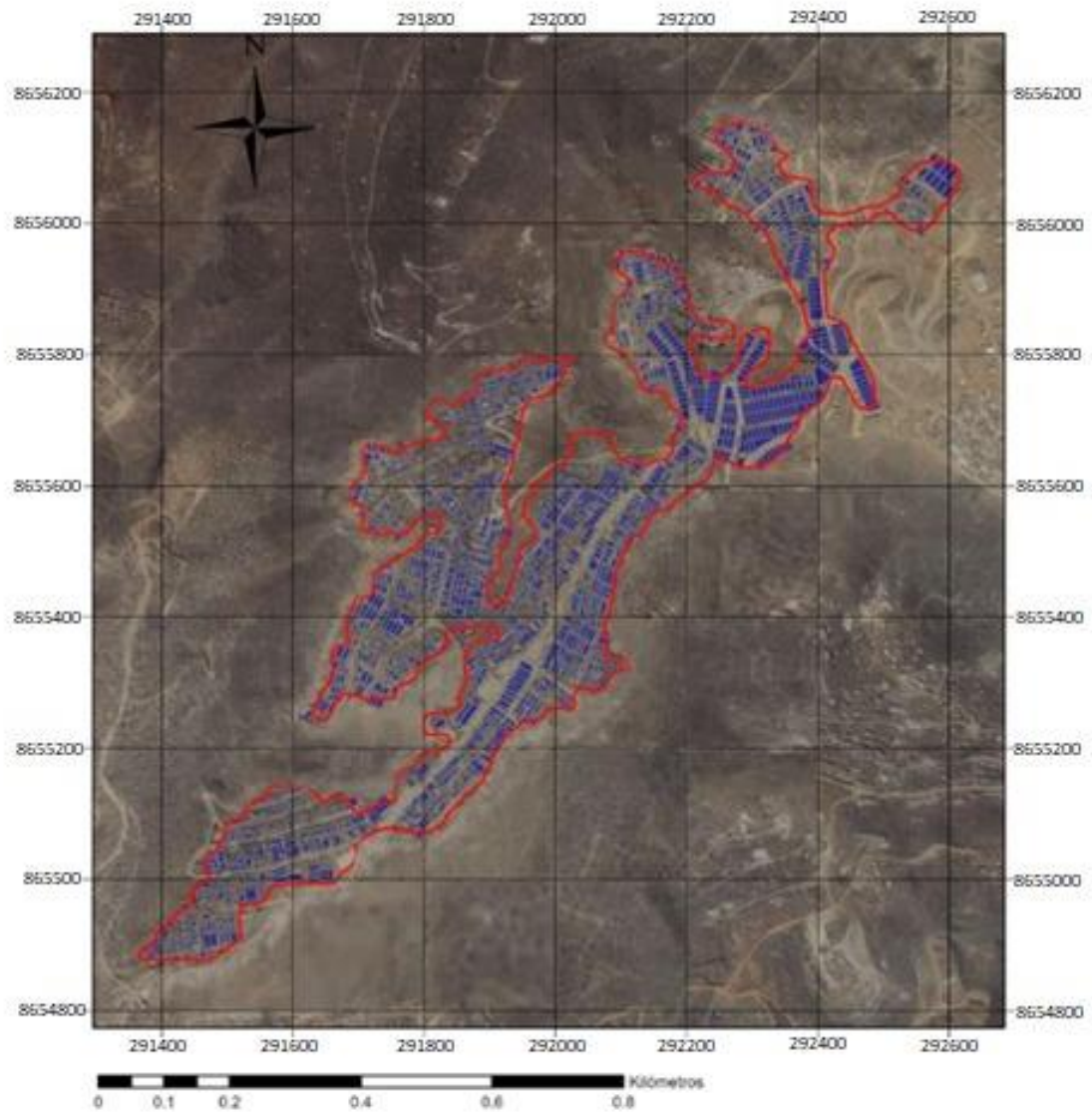


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth.

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2010

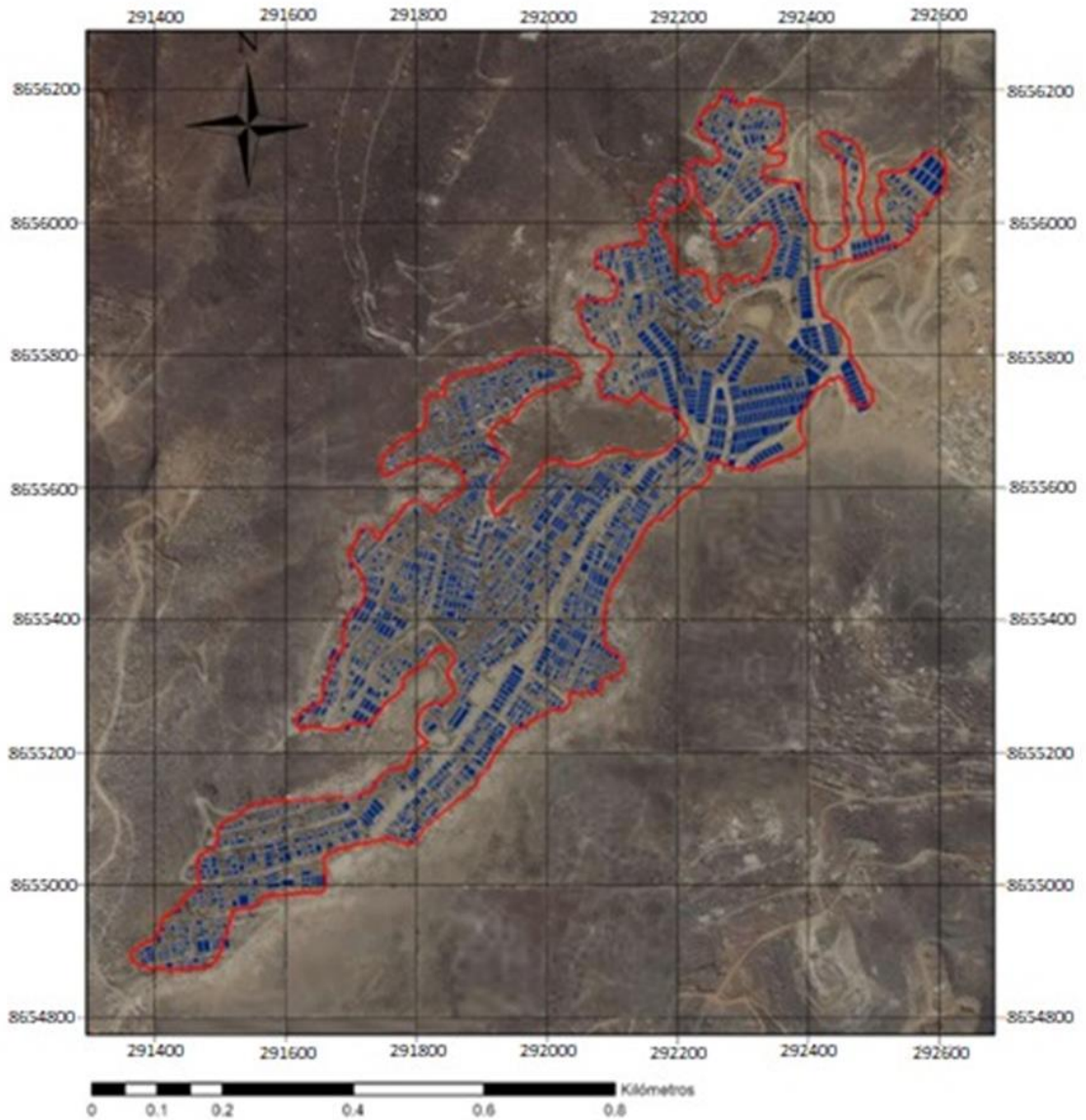


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2011



LEYENDA

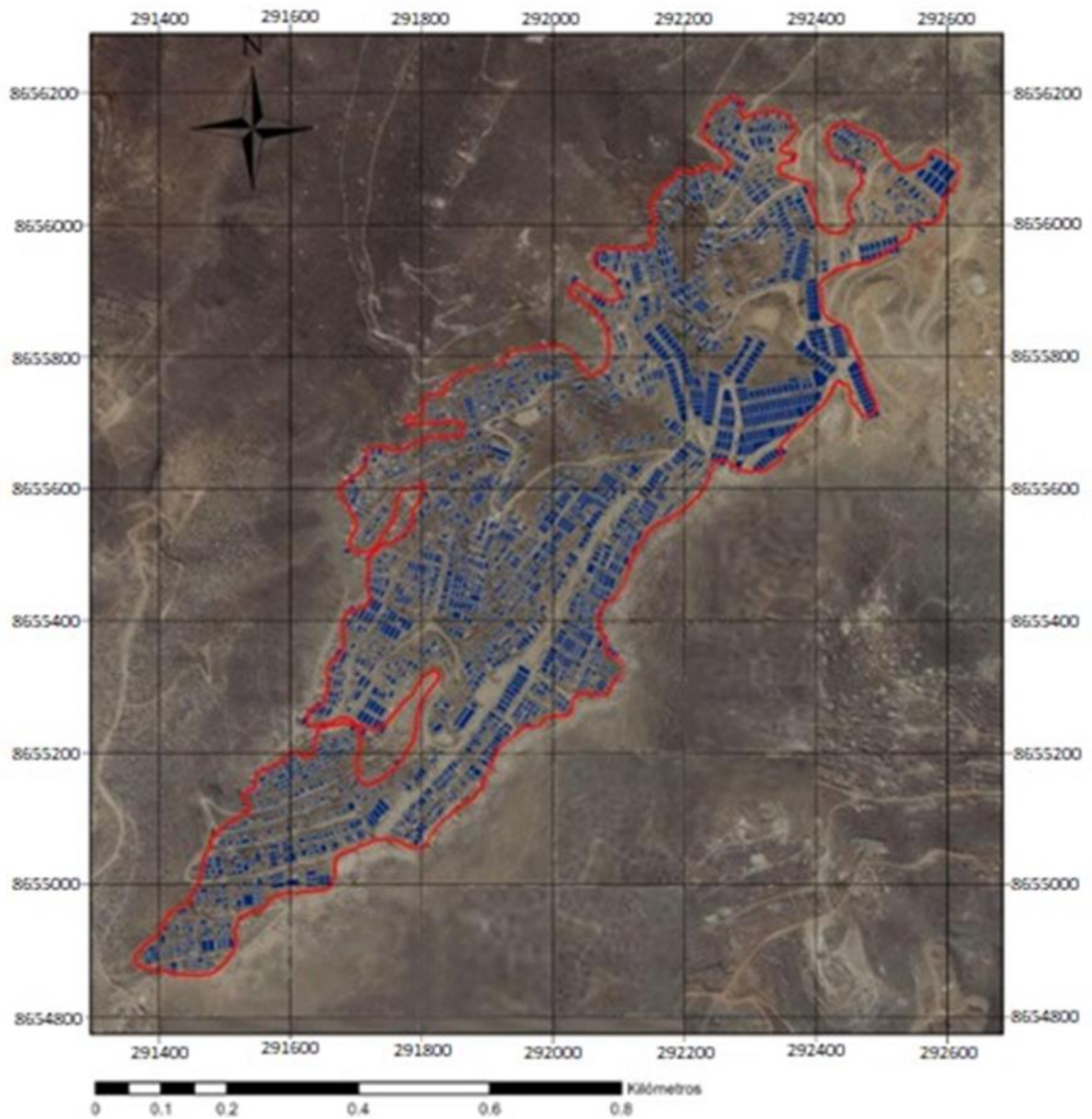
- VIVIENDAS
- DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES: BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL  
BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR  
ASESOR : PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

Anexo 10 Mapa de Población Urbana en el 2012 del AA. HH Virgen De Lourdes.

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2012



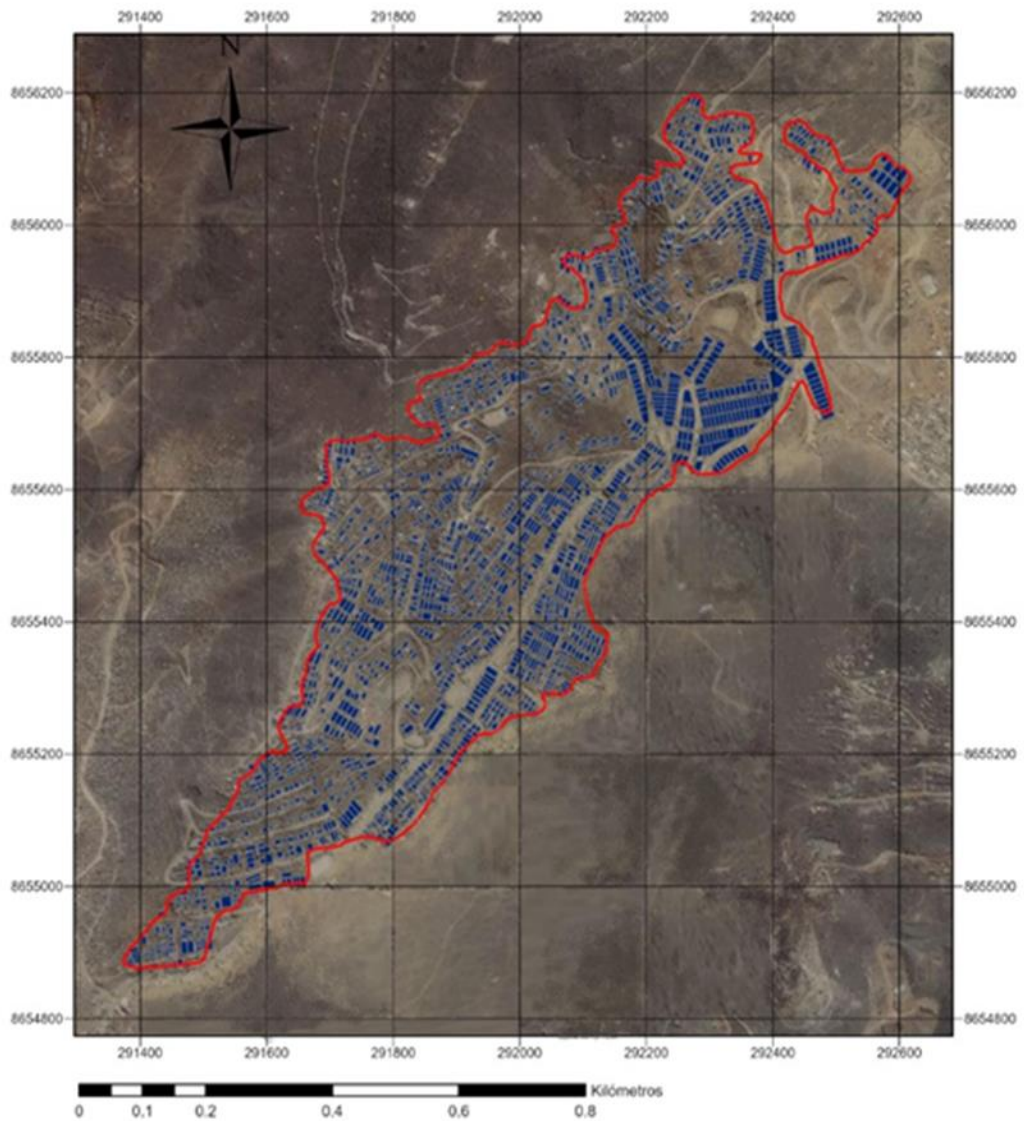
LEYENDA

- VIVIENDAS
- DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES: BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL  
BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR  
ASESOR : PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2013

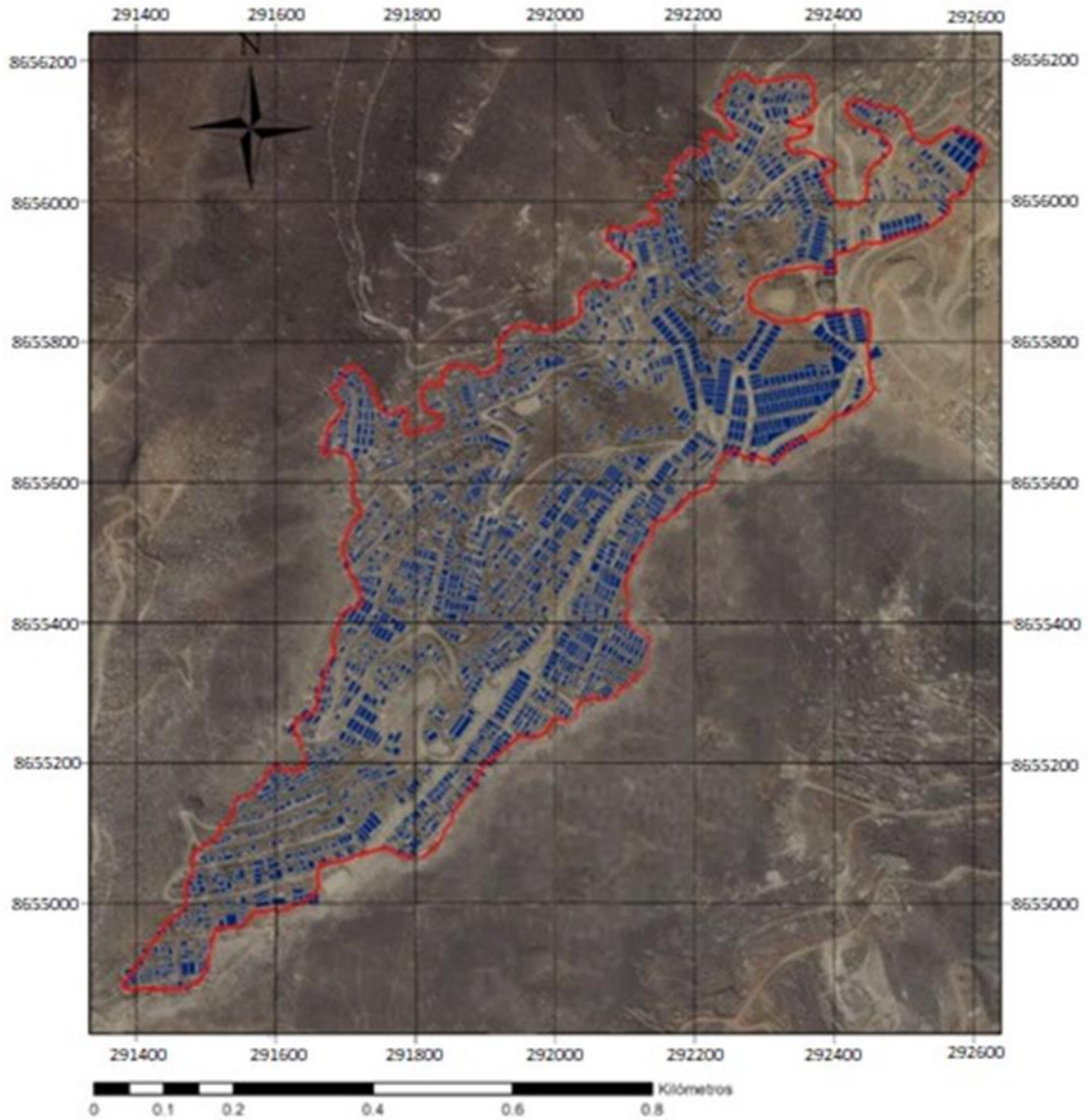


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES :	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR :	PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2014

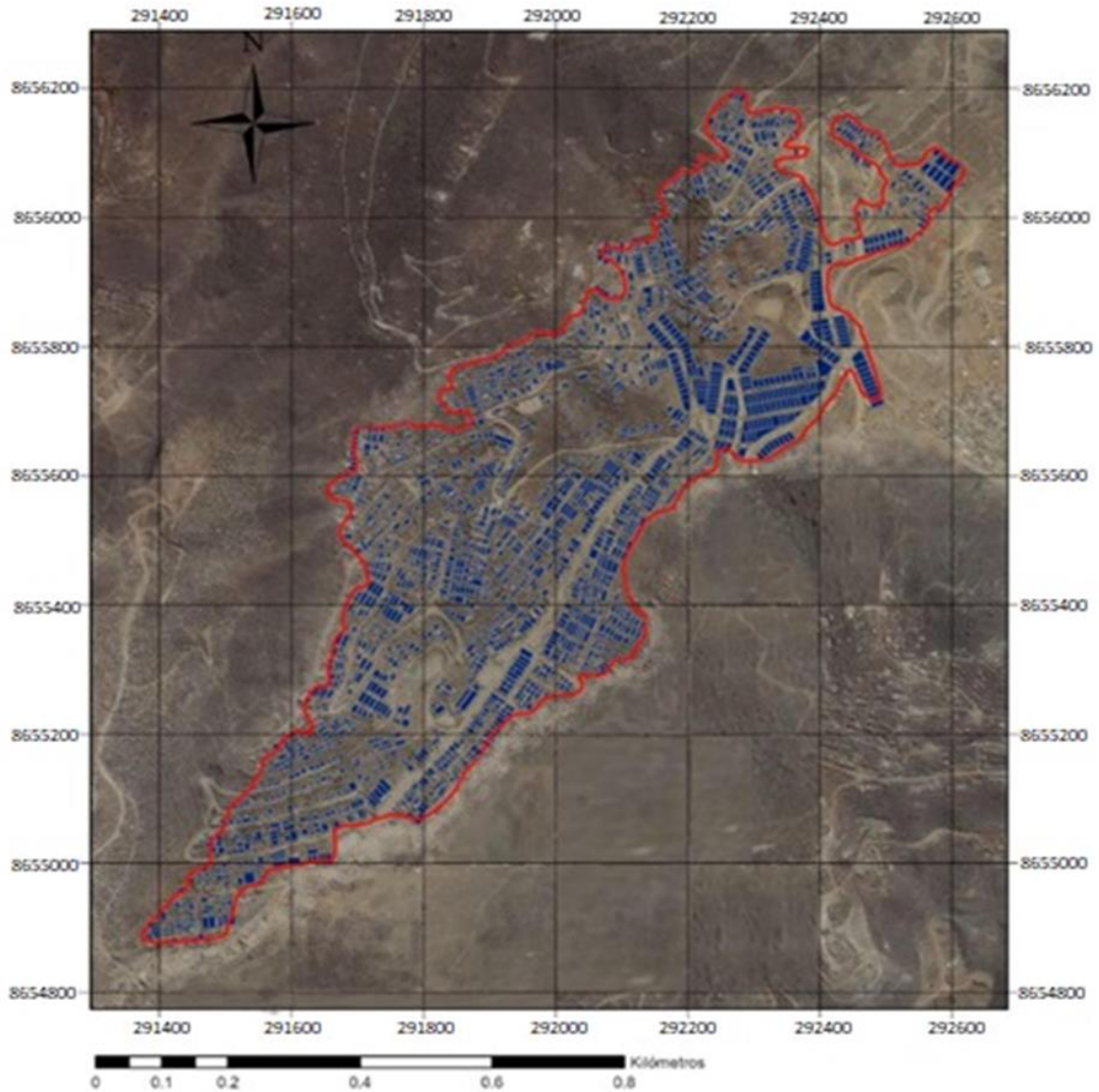


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES: BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR : PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2015



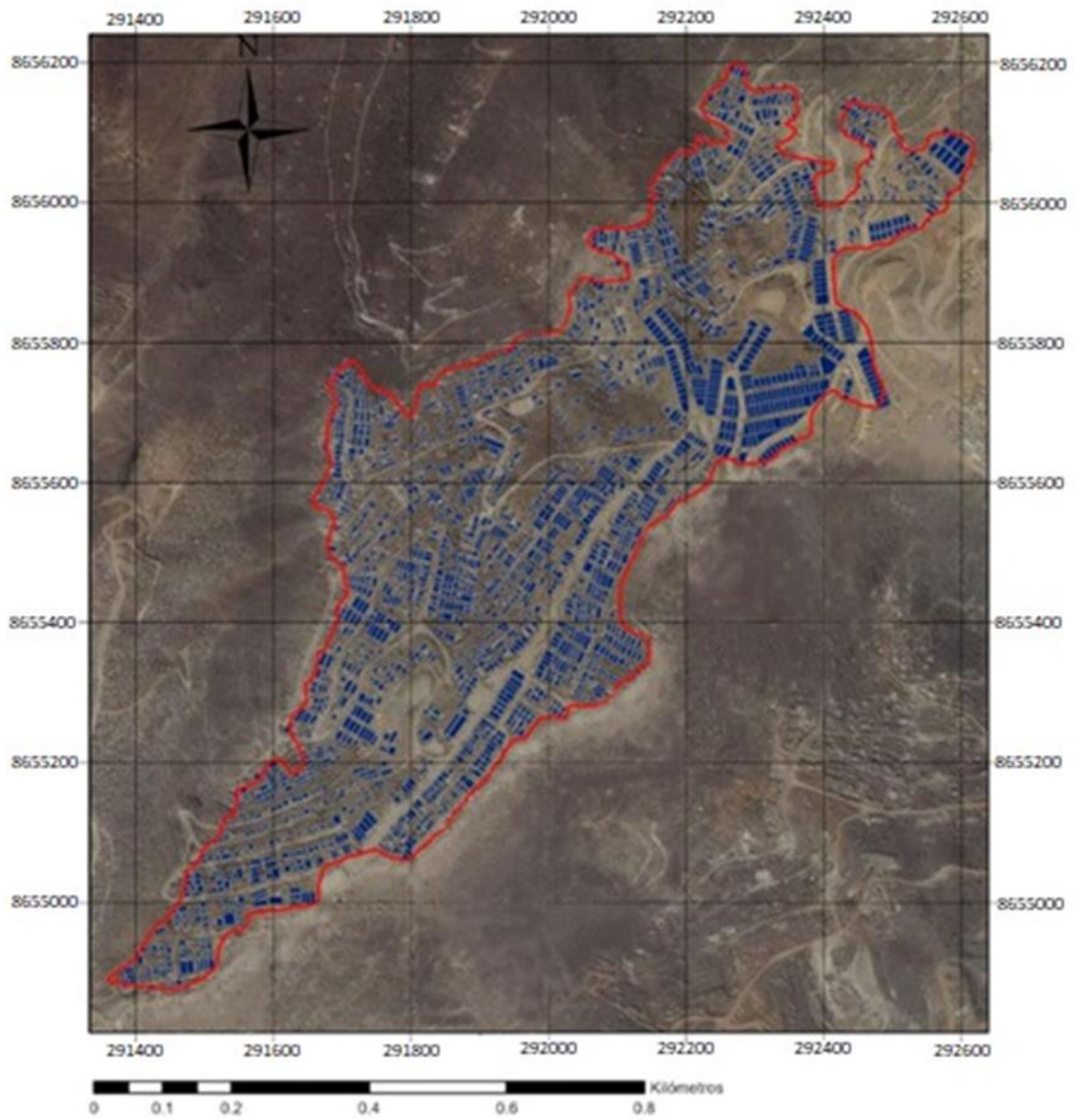
LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth.



### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2016

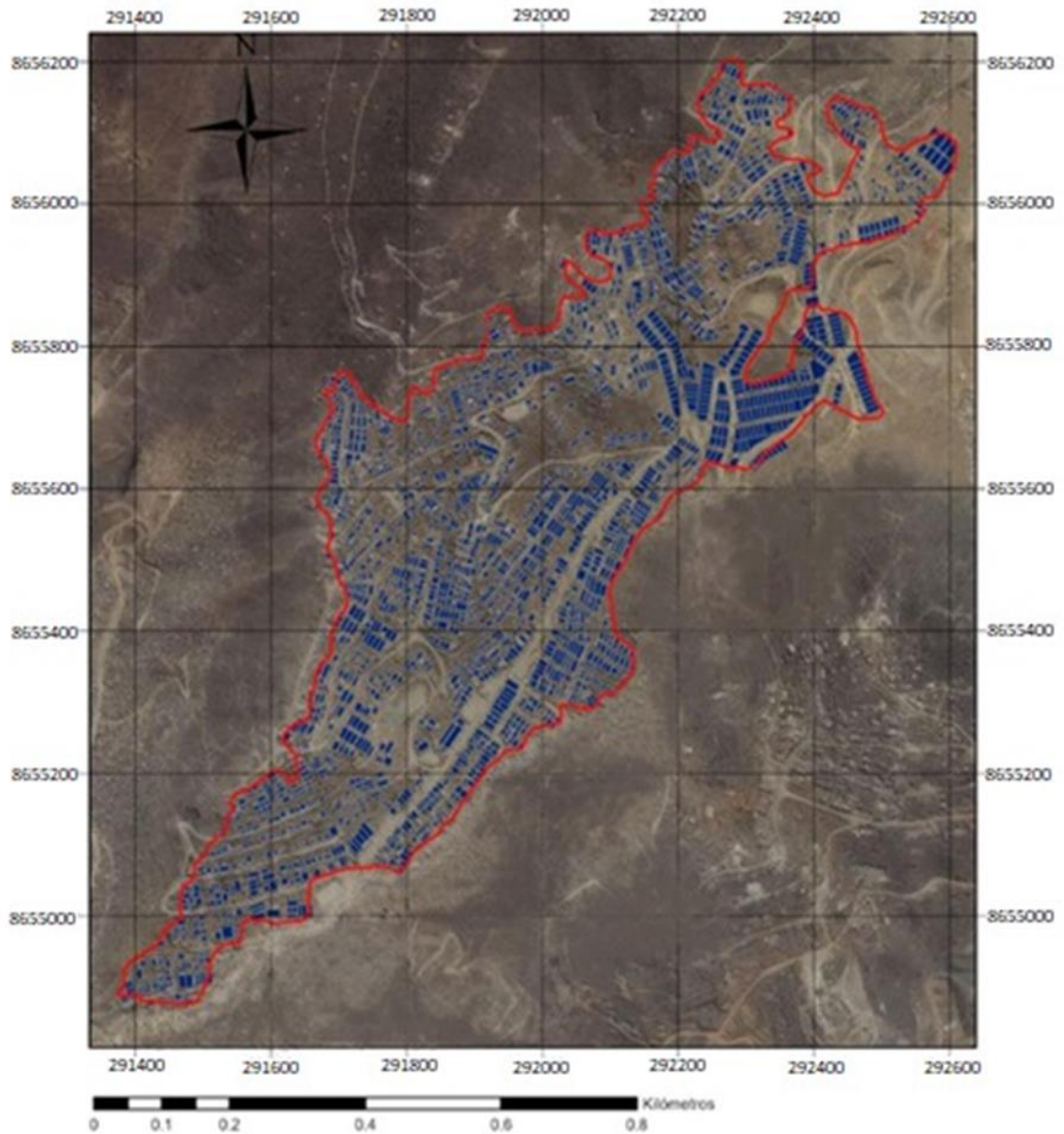


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR :	PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2017

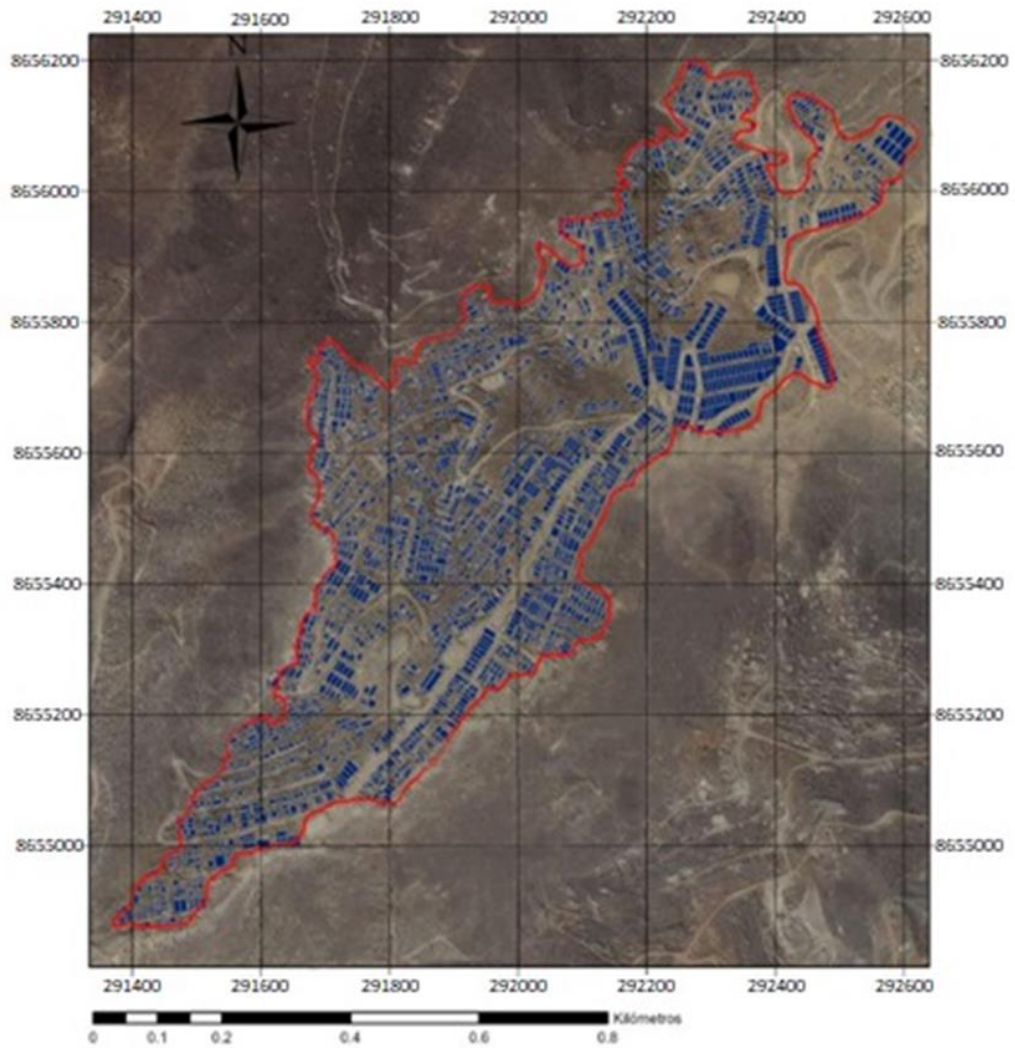


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2018

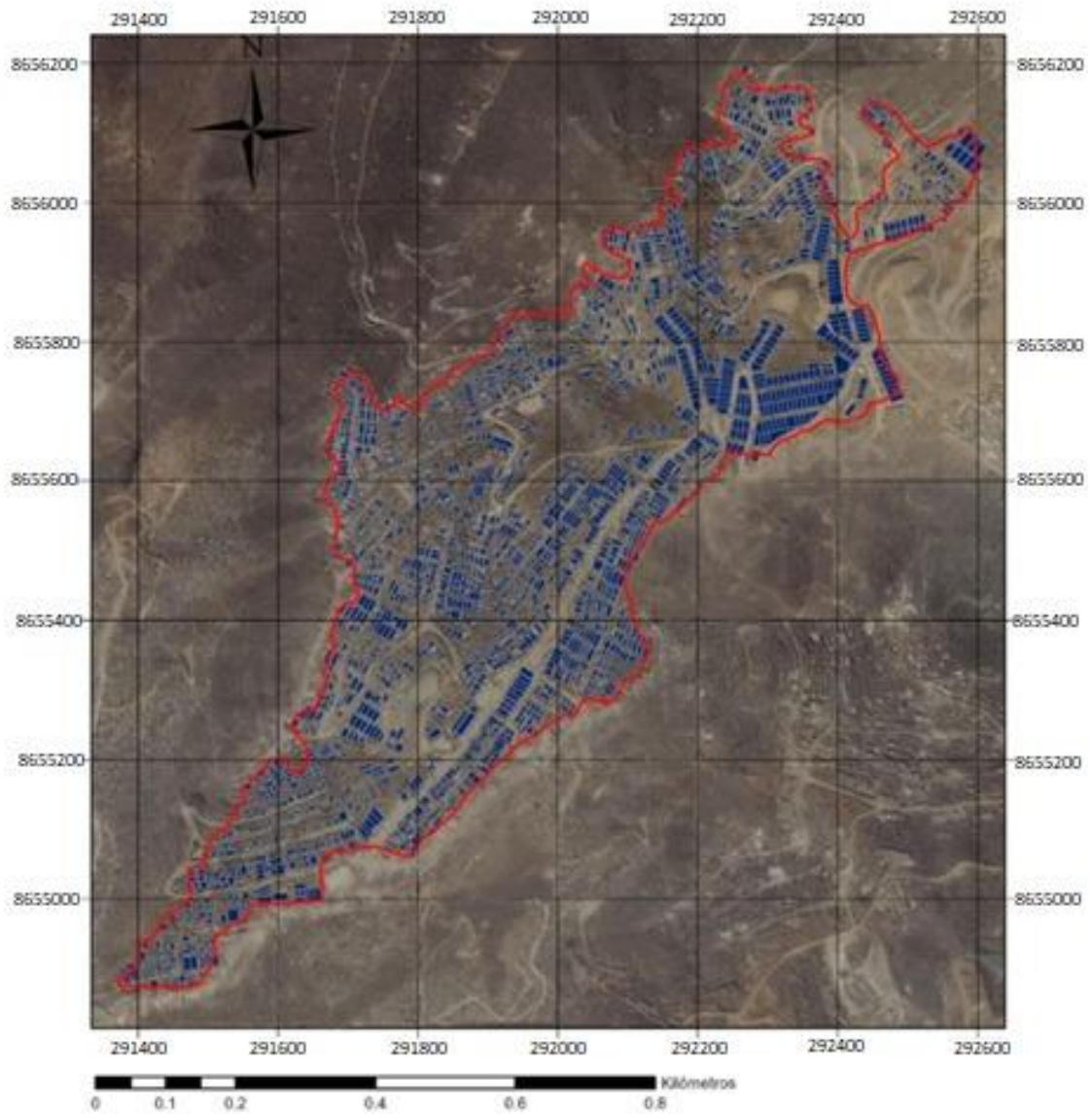


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

Nota: Imagen extraída del Google Earth.

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2019

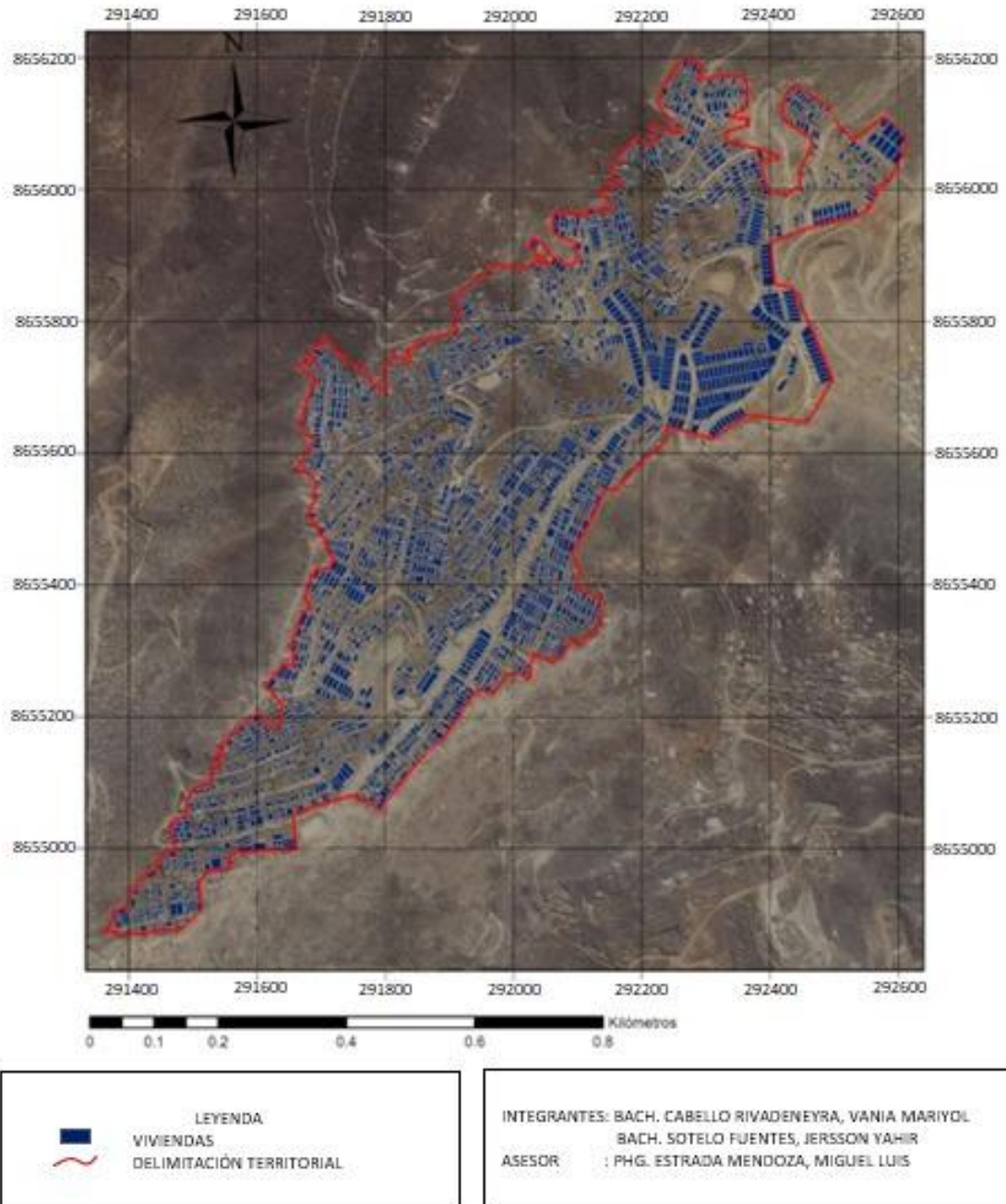


LEYENDA	
	VIVIENDAS
	DELIMITACIÓN TERRITORIAL

INTEGRANTES:	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYOL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	: PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

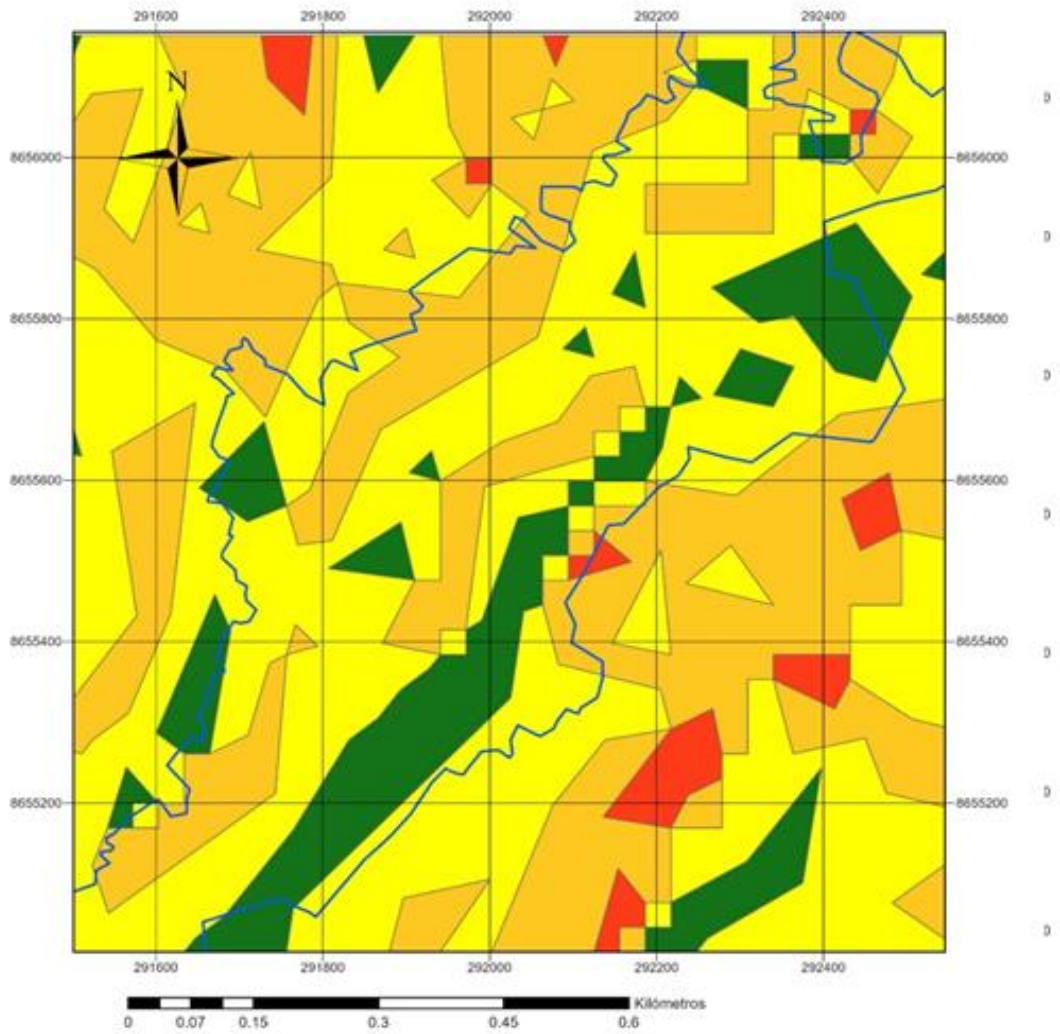
Nota: Imagen extraída del Google Earth.

### MAPA POBLACIÓN URBANA - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020



Nota: Imagen extraída del Google Earth.

### MAPA DE PENDIENTES - OPEN TOPOGRAFHY- AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020

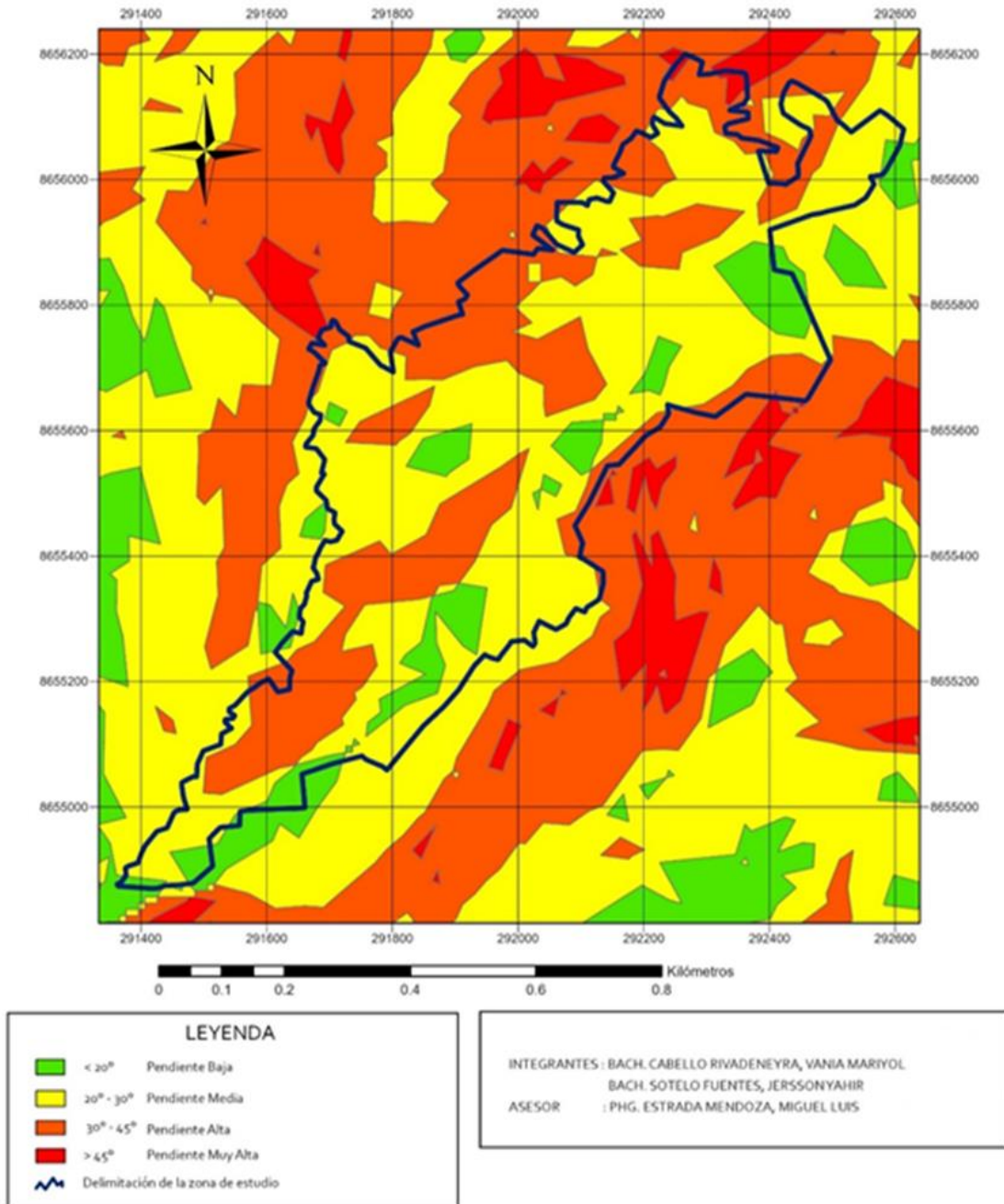


LEYENDA	
	<math>< 30^\circ</math> Vivienda en Pendiente Media
	<math>30^\circ - 45^\circ</math> Vivienda en Pendiente Media
	<math>45^\circ - 60^\circ</math> Vivienda en Pendiente Alta
	<math>> 60^\circ</math> Vivienda en Pendiente Muy Alta
	Delimitación de la zona de estudio

INTEGRANTES -	BACH. CABELLO RIVADENEYRA, VANIA MARIYDL
	BACH. SOTELO FUENTES, JERSSON YAHIR
ASESOR	PHG. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL LUIS

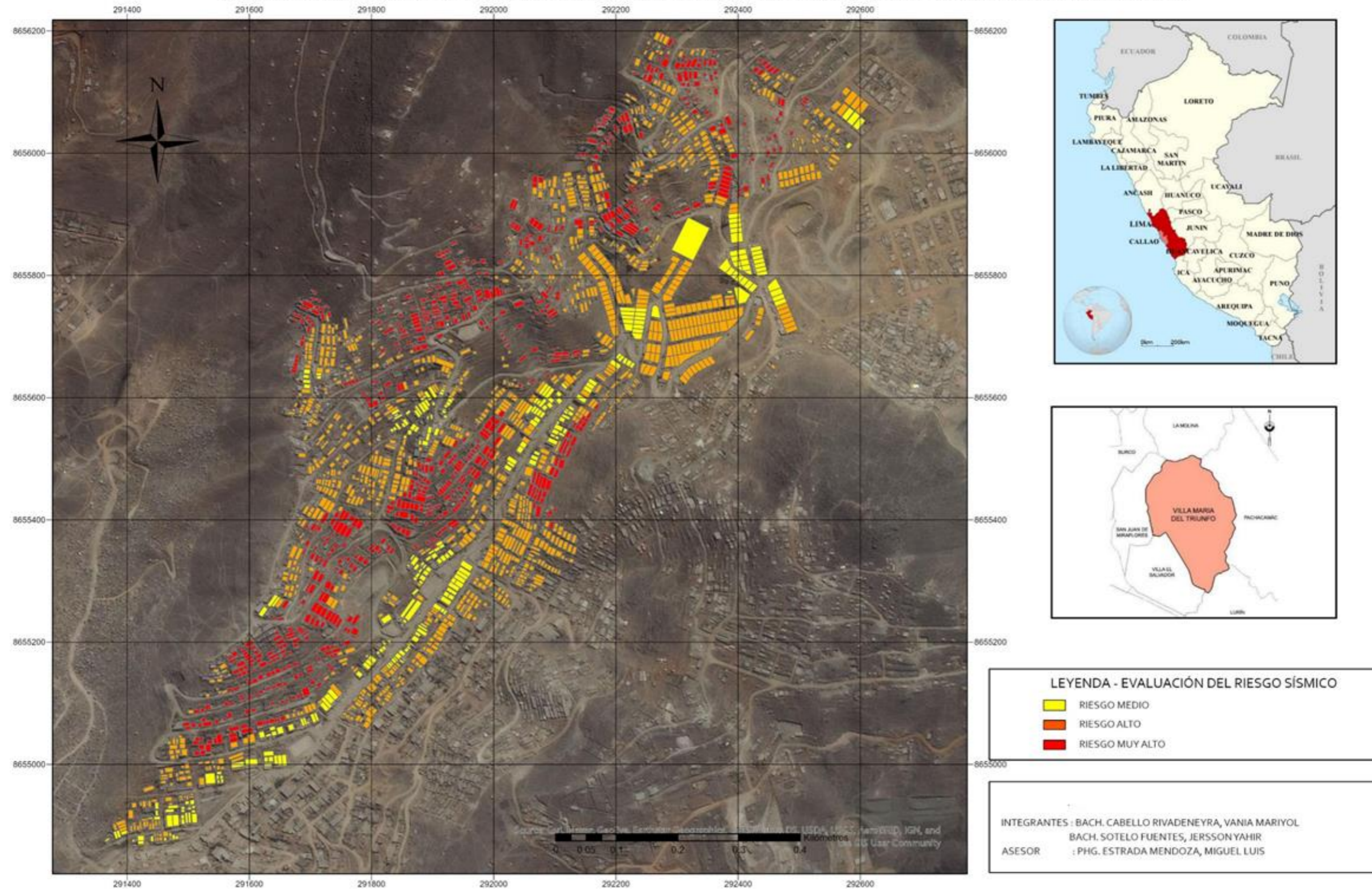
Nota: Elaboración Propia

### MAPA DE PENDIENTES - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020



Nota: Elaboración Propia

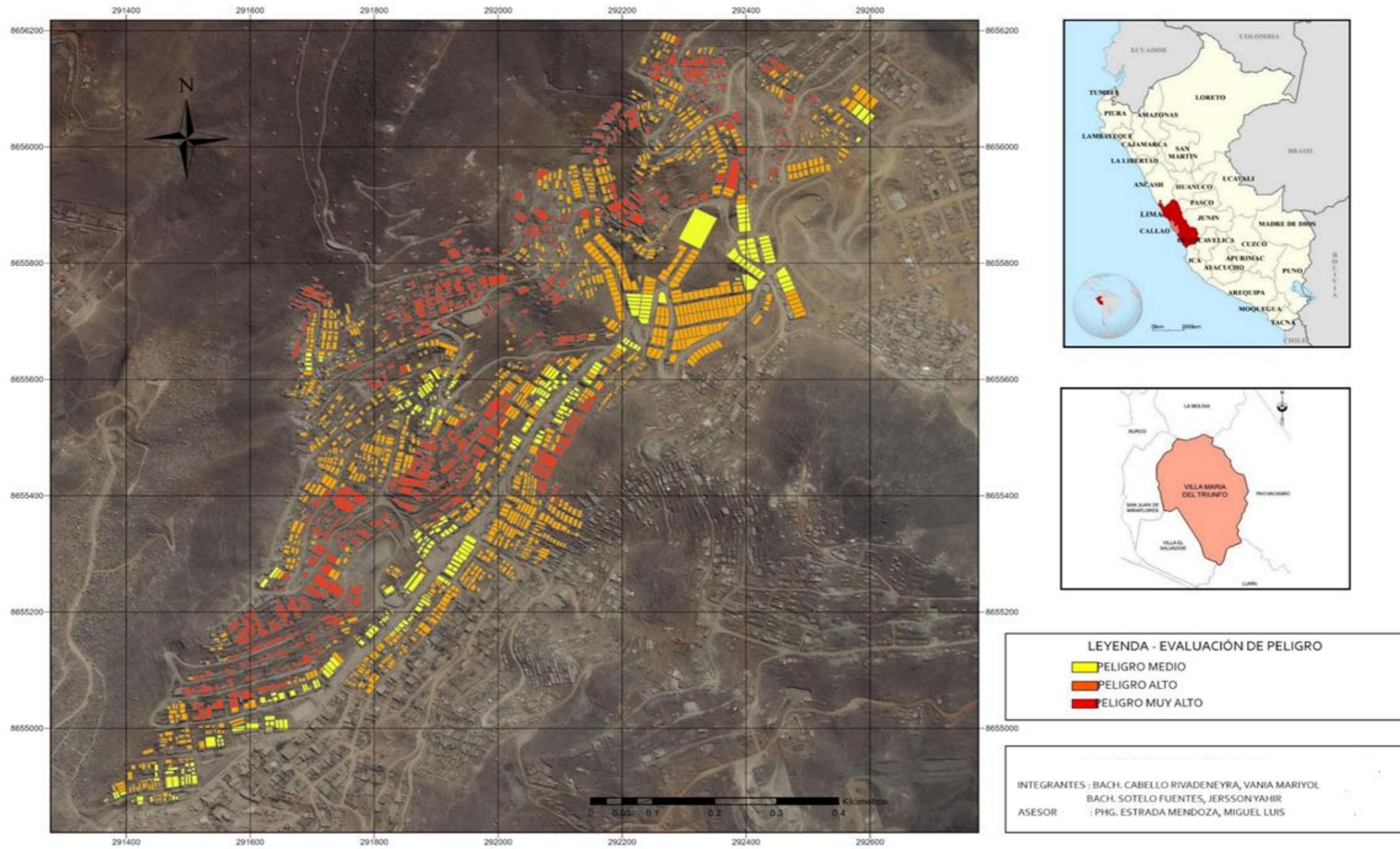
MAPA DE RIESGO SÍSMICO A NIVEL DE LOTES - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020



Nota: Imagen extraída del Google Earth.

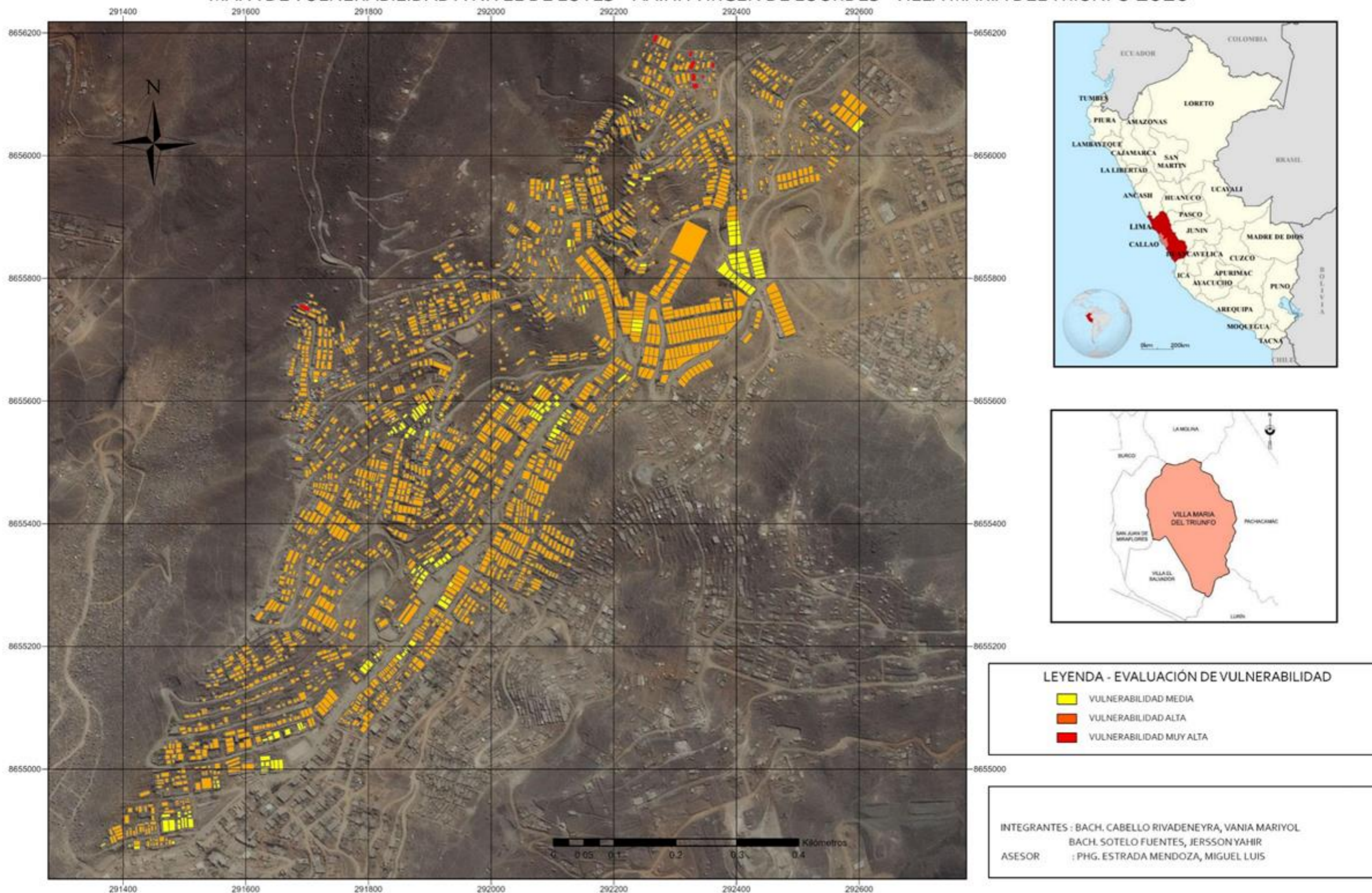


MAPA DE PELIGRO A NIVEL DE LOTES - AA.HH VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020



Nota: Imagen extraída del Google Earth.

MAPA DE VULNERABILIDAD A NIVEL DE LOTES - AA.HH. VIRGEN DE LOURDES - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO 2020



Nota: Imagen extraída del Google Earth.