

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**IMPACTO DEL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR DEBIDO AL CAMBIO  
CLIMÁTICO EN EL BALNEARIO DE MÁNCORA: ANÁLISIS MEDIANTE EL  
USO DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN ANTE ESCENARIOS VARIABLES**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORAS:**

Marcela Sariah Quirita Alvarado

Daniela Alejandra Blanco Villafuerte

**ASESOR:**

Ian Vazquez Rowe

Lima, Febrero, 2022

## **ABSTRACT**

Climate change generates many negative consequences on the planet, such as the thermal expansion of the ocean and the melting of ice caps and glaciers, which in turn cause sea level rise (SLR). It is estimated that by the year 2100, the average sea level will increase between 0,43 m and 0,84 m, causing the loss of large extensions of coastal areas, which will directly harm the populations settled there, the infrastructure and the human activities that are taking place along the coastline.

In Peru, the increase in average temperature will increase mortality and morbidity from diseases related to the increase in temperature, such as malaria, dengue fever, chikungunya, diarrheal diseases, among other infectious diseases, which will be reflected in the consequent public health expenses. Regarding urban infrastructure (roads, life networks, etc.) affected by the advance of the sea in coastal areas, because of global warming, will have to be relocated.

Therefore, the main objective of this research is to identify and quantify the impact of SLR in the beach resort of Máncora. For this purpose, SLR data was extracted from the interactive map produced by the Climate Central organization, which allows different scenarios of affected areas in the study zone to be obtained by varying certain parameters. In this case, six flood scenarios were used, considering moderate and uncontrolled flooding for each year of study (2050, 2080 and 2100). Based on the data obtained on SLR, the impact on the beach resort of Máncora was quantified using exposure indicators, which were divided into three groups: social, economic, and environmental. In each of these aspects, the impact was negative: areas lost, population affected, loss of the stock of construction materials characteristic of the area, as well as the economic loss and environmental contamination derived from the loss of the stock of material. This highlights the importance of implementing public policies and measures that can deal with SLR and its harmful

consequences. Furthermore, the methodology applied in this study can serve as a reference to be used in other areas of the country that may be of particular interest, so that the mitigation and adaptation plans measures implemented are the most appropriate to minimize flood risks.



## RESUMEN

El cambio climático genera muchas consecuencias negativas en el planeta como la dilatación térmica del océano y el derretimiento de los casquetes polares y glaciares, que, a su vez, provocan el aumento del nivel del mar. Se estima que hacia el año 2100, el incremento del nivel medio del mar será de unos 0,43 m a 0,84 m, provocando la pérdida de grandes extensiones de áreas costeras, lo cual perjudicará directamente a las poblaciones asentadas en ellas, la infraestructura y las actividades humanas que se vienen realizando en la franja litoral. En el Perú, el aumento de la temperatura media, incrementará la mortalidad y morbilidad de las enfermedades relacionadas a esta, como la malaria, el dengue, chikungunya, enfermedades diarreicas, entre otras enfermedades infecciosas; lo cual se verá reflejado con el consecuente gasto en la salud pública. En cuanto a la infraestructura urbana (vías, redes de vida, etc) afectada por el avance del mar en las zonas costeras, como producto del calentamiento global, deberá ser reubicada. En tal sentido, el objetivo principal de esta investigación es identificar y cuantificar el impacto del incremento del nivel del mar en el balneario de Máncora. Para ello, se analizaron los datos de este aumento del mapa interactivo elaborado por la organización *Climate Central*, la cual permite obtener diferentes escenarios de áreas afectadas de la zona de estudio variando determinados parámetros. En este caso, se emplearon seis escenarios, considerando una inundación moderada y una sin control para cada año de estudio (2050, 2080 y 2100). En base a los datos obtenidos del incremento del nivel del mar, se cuantificó el impacto en el balneario de Máncora mediante indicadores de exposición, los cuales se dividieron en tres grupos: sociales, económicos y ambientales. En cada uno de estos aspectos, el impacto fue negativo: áreas perdidas, población afectada, pérdida del stock de materiales de construcción característicos de la zona, así como la pérdida económica y la contaminación ambiental derivadas de la pérdida de stock de material. Esto pone en manifiesto la importancia de implementar políticas públicas y medidas que puedan

hacer frente al incremento del nivel del mar y sus perjudiciales consecuencias. Además, la metodología aplicada en este estudio puede servir como referencia para ser empleada en otras zonas del país que puedan ser de particular interés, de modo tal que los planes de mitigación y adaptación aplicados sean los más acertados para minimizar los riesgos ante el aumento del nivel del mar.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

ABSTRACT .....	2
RESUMEN .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.3. HIPÓTESIS .....	15
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
2. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. CALENTAMIENTO GLOBAL .....	16
2.2. CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS COSTERAS .....	17
2.3. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO ....	18
2.3.1. <i>CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO SOCIAL</i> .....	20
2.3.2. <i>CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO ECONÓMICO</i> .....	21
2.3.3. <i>CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO AMBIENTAL</i> .....	22
2.4. INDICADORES DE EXPOSICIÓN PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR .....	23
2.4.1. <i>INDICADORES SOCIALES</i> .....	24
2.4.2. <i>INDICADORES ECONÓMICOS</i> .....	24
2.4.3. <i>INDICADORES AMBIENTALES</i> .....	25
3. METODOLOGÍA .....	25
3.1. ZONA DE ESTUDIO: MÁNCORA .....	27
3.1.1. <i>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</i> .....	27
3.1.2. <i>CLIMA DE LA ZONA</i> .....	27
3.1.3. <i>CARACTERIZACIÓN SOCIAL</i> .....	27
3.1.4. <i>CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA</i> .....	29
3.1.5. <i>CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</i> .....	30
3.2. DISEÑO DE ESTUDIO .....	31
3.2.1. <i>IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN</i> .....	31
3.2.2. <i>DELIMITACIÓN DEL MODELO DEL TERRENO</i> .....	32
3.2.3. <i>IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN</i> .....	34
3.2.4. <i>CÁLCULO DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN</i> .....	37
3.2.4.1. <i>Área perdida</i> .....	37
3.2.4.2. <i>Población</i> .....	38
3.2.4.3. <i>Stock de material</i> .....	38
3.2.4.4. <i>Pérdida monetaria</i> .....	42

3.2.5. <i>COMPARACIÓN DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN</i> .....	43
4. <b>LIMITACIONES DEL ESTUDIO</b> .....	43
5. <b>RESULTADOS</b> .....	44
5.1. <b>ÁREAS</b> .....	49
5.2. <b>POBLACIÓN</b> .....	53
5.3. <b>STOCK DE MATERIAL</b> .....	53
5.4. <b>PÉRDIDA MONETARIA</b> .....	67
6. <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	70
6.1. <b>ÁREA PERDIDA</b> .....	70
6.2. <b>POBLACIÓN AFECTADA</b> .....	70
6.3. <b>STOCK DE MATERIAL</b> .....	72
6.4. <b>EMISIONES GEI (ton CO<sub>2</sub>eq)</b> .....	74
6.5. <b>PÉRDIDA MONETARIA</b> .....	78
7. <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	82
7.1. <b>CONCLUSIONES</b> .....	82
7.2. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	83
8. <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	86
9. <b>ANEXOS</b> .....	97
ANEXO A. <b>INFORMACIÓN OBTENIDA DEL CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2017</b> .....	97
ANEXO B. <b>PÉRDIDA DEL STOCK DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE MANZANAS ANTE LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE INUNDACIÓN</b> .....	99
ANEXO C. <b>PÉRDIDA DE STOCK DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE MANZANAS, CONSIDERANDO LOS FACTORES DE REDUCCIÓN REDONDEADOS</b> .....	105
ANEXO D. <b>NÚMERO DE VIVIENDAS AFECTADAS, CONSIDERANDO LOS FACTORES DE REDUCCIÓN REDONDEADOS</b> .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Indicadores de exposición para la evaluación del impacto del aumento del nivel del mar .....	32
<b>Tabla 2.</b> Información empleada para la construcción del Sistema de Información Geográfico para el análisis del modelo de inundación .....	37
<b>Tabla 3.</b> Porcentajes de áreas perdidas respecto al área delimitada en los distintos escenarios de inundación .....	49
<b>Tabla 4.</b> Porcentajes de áreas perdidas respecto al área total de las manzanas en los distintos escenarios de inundación .....	50
<b>Tabla 5.</b> Población afectada por el incremento del nivel del mar en los distintos escenarios de inundación.....	53
<b>Tabla 6.</b> Número de hospedajes afectado por el incremento del nivel del mar en los distintos escenarios de inundación .....	54
<b>Tabla 7.</b> Número de viviendas en Máncora según los materiales de construcción predominantes.....	58
<b>Tabla 8.</b> Valores obtenidos del GFA (m <sup>2</sup> ) .....	61
<b>Tabla 9.</b> Densidad e intensidad de los materiales analizados .....	64
<b>Tabla 10.</b> Factores de reducción para el stock de material perdido ante los diferentes escenarios de inundación .....	65
<b>Tabla 11.</b> Stock de material perdido para viviendas ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100.....	67
<b>Tabla 12.</b> Precio de los materiales considerados en el cálculo del stock de material perdido .....	68
<b>Tabla 13.</b> Pérdida monetaria del stock de material perdido ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100.....	68



<b>Tabla 14.</b> Stock de material perdido para viviendas ante los distintos escenarios de inundación considerando los factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1 .....	73
<b>Tabla 15.</b> Emisiones de GEI (ton CO <sub>2</sub> eq) debido a la producción de distintos materiales de construcción.....	75
<b>Tabla 16.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> debido a la pérdida de Stock de materiales de construcción considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1 .....	77
<b>Tabla 17.</b> Pérdida monetaria del stock de materiales de construcción ante los distintos escenarios de inundación considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1 .....	79
<b>Tabla A1.</b> Número de viviendas según los materiales de construcción empleados a nivel de manzanas .....	97
<b>Tabla B1.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2050 .....	99
<b>Tabla B2.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2080 .....	100
<b>Tabla B3.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2100 .....	101
<b>Tabla B4.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2050 .....	102
<b>Tabla B5.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2080 .....	103
<b>Tabla B6.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2100 .....	104

<b>Tabla C1.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2050, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	105
<b>Tabla C2.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2080, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	106
<b>Tabla C3.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	107
<b>Tabla C4.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2050, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	108
<b>Tabla C5.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2080, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	109
<b>Tabla C6.</b> Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	110
<b>Tabla D1.</b> Número de viviendas afectadas ante un escenario de inundación sin control en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

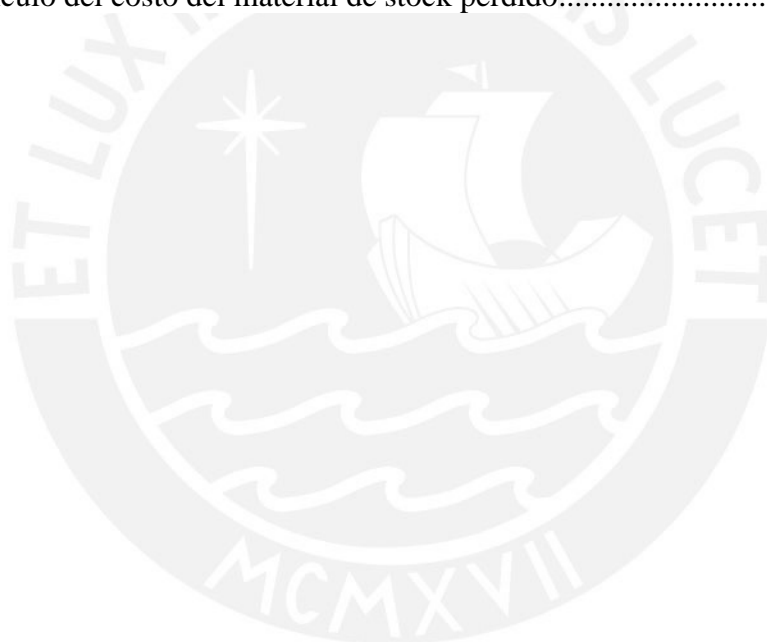
<b>Figura 1.</b> Representación gráfica del flujo metodológico utilizado para determinar el potencial de inundación de Máncora y sus posibles consecuencias territoriales, demográficas, ambientales y económicas .....	26
<b>Figura 2.</b> Mapa de la delimitación de la zona de estudio.....	33
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los puntos de control de la zona urbana de Máncora en Google Eart .....	45
<b>Figura 4.</b> Georreferenciación del Mapa de Máncora en QGis .....	45
<b>Figura 5.</b> Mapas de inundación moderada en los años 2050, 2080 y 2100 .....	47
<b>Figura 6.</b> Mapas de inundación sin control en los años 2050, 2080 y 2100.....	48
<b>Figura 7.</b> Área inundada de las manzanas en escenarios de inundación moderada.....	51
<b>Figura 8.</b> Área inundada de las manzanas en escenarios de inundación sin control.....	52
<b>Figura 9.</b> Distribución espacial de los materiales de construcción del techo .....	55
<b>Figura 10.</b> Distribución espacial de los materiales de construcción de las paredes exteriores.....	56
<b>Figura 11.</b> Distribución espacial de los materiales de construcción del piso .....	57
<b>Figura 12.</b> Porcentajes de materiales predominantes en techo, piso y paredes exteriores de las viviendas de Máncora.....	59
<b>Figura 13.</b> Poligonación de viviendas en las manzanas afectadas por la inundación.....	60
<b>Figura 14.</b> Pérdida monetaria del stock de material perdido ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100 considerando la tasa de inflación de 1% .....	69
<b>Figura 15.</b> Emisiones totales de GEI (ton CO <sub>2</sub> eq) para cada escenario temporal .....	76
<b>Figura 16.</b> Emisiones totales de GEI (ton CO <sub>2</sub> eq) para cada escenario temporal .....	77

**Figura 17.** Pérdida monetaria del stock de materiales de construcción ante los distintos escenarios de inundación considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1 y una tasa de inflación de 1% recomendada por el BCR..... 80



## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo del área de piso bruta para ladrillos de muros perimetrales.....	39
<b>Ecuación 2.</b> Cálculo del factor de reducción.....	40
<b>Ecuación 3.</b> Cálculo del Stock de Material perdido (kg) para tejas, ladrillos de techo y cemento.....	40
<b>Ecuación 4.</b> Cálculo del Stock de Material perdido (kg) para ladrillos de pared .....	41
<b>Ecuación 5.</b> Cálculo del Stock Total de Material perdido .....	41
<b>Ecuación 6.</b> Cálculo del costo del material de stock perdido.....	42
<b>Ecuación 7.</b> Cálculo del costo del material de stock perdido.....	42



# 1. INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel del mar es una consecuencia del cambio climático que está afectando al medio ambiente y a gran parte de la población costera a nivel mundial. De hecho, de acuerdo a la investigación realizada por Snoussi y colegas (2010), las zonas costeras más bajas serán las más vulnerables ante este evento, no solo por su topografía, sino también por sus valores económicos, ecológicos y turísticos. Existen estudios realizados mediante Sistemas de Información Geográfica que han estimado que alrededor de 56 millones de personas pertenecientes a 84 países, se verán afectadas frente a un escenario de un incremento del nivel del mar de 1 m (Dasgupta et al., 2007). Este estudio incluye al Perú, sin embargo, no especifica qué zonas del país serán las más perjudicadas. Considerando que alrededor del 57% de la población peruana reside en la costa (INEI, 2014), es muy importante que se realicen estudios similares en distintas regiones costeras del país, para poder determinar el impacto socioeconómico y ambiental que generará el incremento del nivel del mar en los próximos años. Para este estudio se ha escogido uno de los destinos turísticos más importantes del norte del país: el balneario de Máncora, Talara; por estar en promedio a 7 m.s.n.m. y por estar expuesto al peligro de pérdidas de áreas costeras, como se muestra en las proyecciones del aumento del nivel del mar realizadas por *Climate Central* (2020). Además, se trata de un distrito que contribuye significativamente a la economía de la provincia (Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, 2012).

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según las proyecciones realizadas por el mapa interactivo desarrollado por *Climate Central* (2020), se observa un aumento significativo del nivel del mar en el balneario de Máncora hacia los años 2050, 2080 y 2100. Además, de acuerdo a Nicholls y

colegas (2008), en ciudades portuarias se espera que la exposición al incremento del nivel del mar aumente como consecuencia del desarrollo urbano costero. Tal es el caso del distrito de Máncora, que cuenta con 12.917 habitantes, cuya economía se basa en el comercio, el turismo, la pesca, la construcción, el transporte y comunicaciones (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). Por ello, resulta importante realizar un análisis cuantitativo que permita tener una idea del impacto negativo en el desarrollo sostenible del balneario de Máncora antes los futuros escenarios de incremento del nivel del mar, si es que no se adopta ninguna medida al respecto.

## **1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué impacto tendrá el incremento del nivel del mar en los aspectos social, económico y ambiental en el balneario de Máncora, si no se implementan medidas de mitigación?

## **1.3. HIPÓTESIS**

El incremento del nivel del mar causado por el cambio climático tendrá un impacto negativo en el desarrollo sostenible del balneario de Máncora, que se reflejará en los indicadores desfavorables de los sectores social, económico y ambiental.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general:**

Evaluar el impacto del incremento del nivel del mar ante escenarios variables en Máncora, como consecuencia del cambio climático, mediante el uso de indicadores concernientes a los ámbitos social, económico y ambiental

### **Objetivos específicos:**

1. Identificar arbitrariamente indicadores de exposición en los ámbitos social, económico y ambiental que resulten relevantes para evaluar el impacto del aumento del nivel de mar
2. Elaborar mapas de inundación que permitan apreciar el incremento del nivel del mar en los escenarios temporales requeridos
3. Cuantificar los indicadores de exposición en los ámbitos social, económico y ambiental.
4. Emplear herramientas de geoprocésamiento mediante las cuales se pueda realizar operaciones vectoriales que permitan obtener los resultados requeridos para el estudio
5. Evidenciar la necesidad de implementar protección costera con el fin de contrarrestar los posibles daños en años futuros

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. CALENTAMIENTO GLOBAL**

El calentamiento global es el aumento gradual de la temperatura de la atmósfera terrestre, debido a la emisión de gases generados por las actividades antropogénicas (Mach et al., 2014) que incrementan el efecto invernadero. Este efecto ha existido desde la formación de la atmósfera terrestre; sin embargo, el aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonos y vapor de agua provocan la



retención excesiva de energía que el suelo emite después de haber sido calentado mediante la radiación solar (Houghton, 2009).

Las emisiones de los GEI provienen de la mayoría de las actividades humanas como la deforestación, la agricultura, la ganadería y otras actividades que queman combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, cuya extracción en gran volumen es la raíz del problema del calentamiento global (Barboza Lizano, 2013). Sin embargo, resulta difícil evitar el uso de estos combustibles, ya que desde la Revolución Industrial la quema de estos se ha incrementado (Houghton, 2009) y actualmente es una de las principales fuentes de energía en el mundo.

Según el reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019), las actividades antropogénicas han causado un calentamiento de la Tierra de 1°C con respecto a las emisiones de los GEI de la época preindustrial. Si estas emisiones continúan aumentando al mismo ritmo, el calentamiento global llegará a 1,5°C entre los años 2030 y 2052 (Oppheimer et al., 2019). Este incremento generará el calentamiento de los océanos y el derretimiento de los glaciares y capas de hielo (NASA, 2020). Sin embargo, exacerbación antropogénica no solo provocará el aumento de la temperatura, sino también la reducción en otras regiones. Estas variaciones constituyen el cambio climático.

## **2.2. CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS COSTERAS**

El cambio climático se define como un cambio en el estado del clima que persiste durante un periodo prolongado de tiempo, típicamente décadas o más (IPCC, 2014). Además, este cambio puede deberse a procesos internos naturales, forzamientos externos (variación de energía emitida por el sol, erupciones volcánicas, entre otros) y cambios de origen antropogénico persistentes en la composición de la atmósfera o en

el uso del suelo (IPCC, 2014). Esto se está incrementando con el paso de los años, lo cual impactará a las regiones y a los seres vivos de todo el planeta. Tal es el caso de las zonas costeras alrededor del mundo, las cuales constituyen elementos valiosos de la biósfera con una gran diversidad de ecosistemas y recursos naturales. En estas zonas, “el cambio climático ha tenido un impacto notable: elevación de la temperatura de los océanos; los cambios en los regímenes de precipitación; los cambios en la trayectoria, frecuencia e intensidad de las tormentas y el aumento del nivel del mar” (Caetano et al., 2010, p.3). Esto perjudica a las actividades económicas y a la población residente en esas áreas, reduciendo su salud y calidad de vida.

### **2.3. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial, una inundación consiste en el desbordamiento temporal de una masa de agua fuera de sus límites normales (OMM, 2012). A partir de esta definición, es lógico inferir que el aumento del nivel del mar se trata de una inundación permanente, puesto que dicha crecida de agua no regresa a su estado original. Por esta razón, para posteriores alusiones se podría emplear el término inundación para referirse al aumento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático. Esta inundación tiene efectos perjudiciales para las zonas costeras, cuyos principales factores contribuyentes son la expansión térmica de los océanos, el derretimiento de glaciares y casquetes polares (Warrick et al., 1990). Todos estos factores son generados por el aumento de la temperatura atmosférica producido principalmente por el calentamiento global.

Por un lado, el aumento de la temperatura atmosférica produce el calentamiento del océano, generando la disminución de la densidad del mar y el aumento de su volumen, lo cual constituye la expansión térmica (Church et al., 2011). Esta

expansión representó cerca del 30% del incremento del nivel del mar entre los años 1993 y 2009 (Nicholls & Cazenave, 2010). Según el estudio realizado por Church y colegas (1991), para un incremento de la temperatura de 3°C para el año 2050, el aumento del nivel del mar causado únicamente por la expansión térmica del océano será entre 20 a 30 cm aproximadamente.

Por otro lado, el incremento de la temperatura atmosférica produce el deshielo de los glaciares y casquetes polares como Groenlandia y la Antártida (Warrick et al., 1990), lo cual incorporará agua dulce en los océanos. Este factor es el más contribuyente al aumento del nivel del mar, pues como mencionan Anny Cazenave y William Llovel (2010, p.152): “Si se derritiera totalmente, Groenlandia y la Antártida Occidental, el nivel del mar se elevaría en aproximadamente 7 y 3–5 m., respectivamente”. Además, el estudio realizado por Golledge y colegas (2019) determinó que el aporte de la capa de hielo de Groenlandia al incremento del nivel del mar es prácticamente lineal con el tiempo; mientras que el aporte de la Antártida, aunque es lento a principios del siglo XXI, en las siguientes décadas acelera. Al superponer ambos aportes, el crecimiento más rápido de la tasa del aumento del nivel del mar se dará entre los años 2065 y 2075 (Golledge et al., 2019).

Considerando todos los factores mencionados previamente, el IPCC estimó en su reporte que el incremento global promedio del nivel del mar para el año 2100 será entre 0,43 m y 0,84 m (Oppenheimer et al., 2019). Sin embargo, existen diferencias en las expectativas o predicciones de incremento en diferentes regiones, que se ven reflejadas en los distintos patrones de tendencia de expansión térmica y aumento del nivel del mar, lo cual varía según la contribución térmica, la salinidad y/o la adición de masas de agua a nivel local (Lombard et al., 2005). Por ejemplo, en algunas regiones como el Pacífico occidental, la tasa de crecimiento del nivel del mar es más

rápida que el promedio global, mientras que en el Pacífico oriental la tasa es menor (Cazenave & Llovel, 2010) .

Este incremento provocará grandes cambios a nivel social, económico y ambiental en el territorio costero de cada continente. Debido a que alrededor del 40% de la población mundial se concentra en la costa (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2017) y a nivel nacional este porcentaje es de 57% (INEI, 2014); estas zonas resultan de particular interés.

### 2.3.1. *CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO SOCIAL*

El valor social de la humanidad está relacionado con el nivel de calidad con el que las personas pueden realizar sus actividades cotidianas, así como el lugar en el cual desarrollan dichas actividades (Graham et al., 2013). En tal sentido, el aumento del nivel del mar constituye una amenaza potencial para el desarrollo de las poblaciones costeras, debido a las pérdidas: tierras, hábitats, infraestructura y valores culturales (Barboza Lizano, 2013). Estas pérdidas tienen un impacto directo en la salud, educación, seguridad, suministros y acceso al agua de la población.

Ante la eventual crecida del nivel del mar, muchas de las edificaciones que actualmente existen en las zonas costeras podrían dañarse e incluso llegar al colapso. Por ello, es importante la implementación de medidas adaptativas y preventivas de planificación urbana en zonas costeras, de acuerdo con el incremento del nivel del mar en las próximas décadas, que permitan evitar las pérdidas anteriormente mencionadas. En este contexto, desde el congreso del Perú se promulgó La Ley Marco sobre Cambio Climático que “incorpora la mitigación y adaptación en la planificación territorial a escala regional y local. Asimismo, propone, y adapta la

infraestructura y edificaciones según su nivel de exposición y vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos” (Ley N°30754, 2018).

A nivel nacional, un ejemplo de pérdida territorial es lo que ha estado sucediendo en las últimas décadas en la zona litoral de Buenos Aires Norte, Trujillo, lo cual se pudo haber controlado con la implementación de medidas preventivas. Desde el año 1978 al 2008 se ha generado un avance de aproximadamente 221 m de línea costera, lo cual ha sido producido en gran medida por la presencia del puerto Salaverry que aporta inestabilidad a la playa (Maldonado & Rodolfo, 2009). Si bien esta pérdida territorial no se debe al incremento del nivel del mar, ejemplifica lo que podría suceder en escenarios de áreas afectadas debido a este incremento, lo cual incidiría negativamente en la calidad de las actividades portuarias que se realizan en la zona.

### 2.3.2. **CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO ECONÓMICO**

La economía de las zonas costeras se verá afectada debido al incremento del nivel del mar, lo cual provocará erosión, inundaciones y daños a la infraestructura portuaria, industrial, turística, etc.; dependiendo de la geomorfología costera. (Caetano et al., 2010). Estos efectos negativos ponen en riesgo la seguridad financiera de los individuos, familias, negocios y gobierno local que se encuentran en zonas costeras; ya que impacta directamente en la propiedad de los mismos (Graham et al., 2013). El daño provocado a bienes inmuebles, impedirá el desarrollo normal de las actividades económicas.

La infraestructura dañada deberá ser reubicada, lo cual significa una gran inversión pública y privada. Además, se debe tener en cuenta que no habrá retorno a las actividades económicas preexistentes en las zonas perdidas, lo cual incidirá negativamente en la economía. Una referencia al respecto, serían las pérdidas

económicas acumuladas desde el año 1970 hasta el 2008 en Latinoamérica y el Caribe debido a las inundaciones, las cuales fueron de 26 358 millones de dólares, que se gastaron en su mayoría del erario público (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2009).

A nivel nacional, la Comisión Nacional del Medio Ambiente estimó que para un escenario ficticio en el cual el nivel del mar aumenta 1 metro, la playa La Herradura quedaría inundada (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2001). Además, de la pérdida económica a gran escala debido a la infraestructura dañada; las actividades económicas como la pesca y el turismo realizado por pequeñas y medianas empresas, se verían perjudicadas.

### 2.3.3. ***CONSECUENCIAS EN EL ÁMBITO AMBIENTAL***

Las consecuencias ambientales en las zonas costeras bajas podrían ser devastadoras, debido a que el aumento del nivel del mar provocará la inundación de terrenos y humedales, cambios de marea en bahías y ríos, intensificación de tormentas costeras, destrucción de hábitats naturales, alteración de ecosistemas, erosión de la costa y la salación de acuíferos debido a la intrusión marina (Mimura, N. and Harasawa, H., 2000).

Por un lado, según lo señalado por la autora Nieto (2011), este aumento posibilita la propagación de zonas de salinización, afectando negativamente a los estuarios y las aguas subterráneas. Esto será un problema para los países, cuyos productores extraen grandes cantidades de este recurso para la irrigación de sus cultivos, tal como se hace en China, América del Norte, entre otros (Shah et al., 2007) y en muchas zonas costeras peruanas. Además, dichas inundaciones provocarán el movimiento de la línea costera, lo cual implica la pérdida de área urbana y rural. De hecho, el estudio de

Dasgupta y colegas (2007) revela que un aumento de 1 m del nivel del mar impactaría un área de 62 632 km<sup>2</sup> en Latinoamérica y el Caribe. Esto originaría la destrucción de muchas viviendas de pobladores que se verán forzados a migrar internamente, lo cual podría ser perjudicial para el medio ambiente si no es controlado (World Bank Group, 2018).

Por otro lado, un estudio estimó que un incremento de 2 m del nivel del mar en Carolina del Sur y Nueva Jersey destruiría el 80 al 90% de sus humedales costeros (Titus, 1988). Este dato es muy preocupante, ya que los humedales son cuerpos de agua que constituyen ecosistemas muy importantes por su alta diversidad biológica, pues en ellos habita una gran variedad de flora y fauna. Además, cumplen funciones muy importantes como la estabilización de la línea costera, la purificación del agua y el control de inundaciones, entre otras (Dugan, 1992). En la costa peruana existen alrededor de 12 173 hectáreas de humedales costeros, los cuales constituyen el 0,15% del total de humedales del país (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014). Estos ecosistemas son fundamentales para las aves migratorias y para distintas especies de fauna (MINAM, 2008). Por todas las razones mencionadas, cualquier alteración en estos cuerpos de agua generadas por el aumento del nivel del mar como inundaciones, erosión e intrusión de agua salada (Azevedo de Almeida & Mostafavi, 2016); sería muy perjudicial, tanto para la diversidad biológica que habita ahí como para las poblaciones locales.

#### **2.4. INDICADORES DE EXPOSICIÓN PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR**

Los indicadores son herramientas de medición que permiten calcular las variaciones de una situación determinada en un intervalo específico de tiempo y transmitir

información (ONU, 1999). Estos instrumentos son de mucha utilidad para esta investigación, pues se evaluarán diferentes escenarios temporales.

#### 2.4.1. **INDICADORES SOCIALES**

Los indicadores sociales son importantes para evaluar el impacto que tendrá el aumento del nivel del mar en las poblaciones de las zonas costeras bajas. Estos se definen como “aquellos que permiten medir niveles, distribución y cambios en el bienestar social, así como identificar, describir y explicar relaciones relevantes entre distintas variables referidas al bienestar de las personas” (Cecchini, 2005, p.26). Pueden ser cualitativos o cuantitativos, y se obtienen de registros administrativos, censos de población y encuestas por muestreo (Cecchini, 2005).

Estudios realizados en distintas regiones del mundo, han demostrado que una gran parte de la población se verá afectada. Un ejemplo de ello es el desplazamiento de 1,5 millones de personas que se generaría por el aumento de 50 cm del nivel del mar en la costa mediterránea de Egipto (Brooks et al., 2006). Otro ejemplo a mayor escala es el estudio de Rowley y colegas (2007), el cual revela que una elevación de 1 m en el nivel del mar en la región del delta del Amazonas damnificaría a más de 13 millones de personas.

#### 2.4.2. **INDICADORES ECONÓMICOS**

Los indicadores económicos son “cifras o variables, cuya evolución proporciona información sobre el desarrollo de la economía” (Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], s. f.). Dicha información es importante, ya que mediante esta se puede cuantificar la pérdida económica producida ante el eventual aumento del nivel del mar. Como consecuencia de este aumento, muchos hábitats marinos se destruirán, afectando la pesca, lo cual provocará el aumento de pobreza e inseguridad alimentaria



(Brooks et al., 2006). Esto da lugar a la reducción del turismo, la protección costera, la disminución del funcionamiento de las infraestructuras portuarias y de la seguridad de otras obras marítimas (CEPAL, 2012), lo cual supondrá una gran inversión e imposibilitará el desarrollo de las actividades económicas en la zona de estudio. Por ello, resulta importante cuantificar las pérdidas económicas debido al daño en la infraestructura de las zonas costeras.

### 2.4.3. *INDICADORES AMBIENTALES*

De acuerdo al libro Evaluación del Impacto Ambiental, “los indicadores ambientales son factores que transmiten información sobre el estado del ecosistema, así mismo sirven para determinar la calidad ambiental o el cambio de calidad ambiental asociado a una determinada acción” (Garmendia, 2010, p.26). En tal sentido, en este estudio la acción causante del cambio en la calidad ambiental es el incremento del nivel del mar. Este evento provocará el daño o colapso de la infraestructura, lo cual significa una gran pérdida de materiales de construcción. Los escombros producidos tendrán una incidencia negativa en la calidad ambiental, por lo cual en muchos casos se opta por el reciclaje de estos, con el fin de evitar un impacto negativo en el medio ambiente (Centeno et al., 2014). Por ello, resulta importante cuantificar la pérdida del material de construcción.

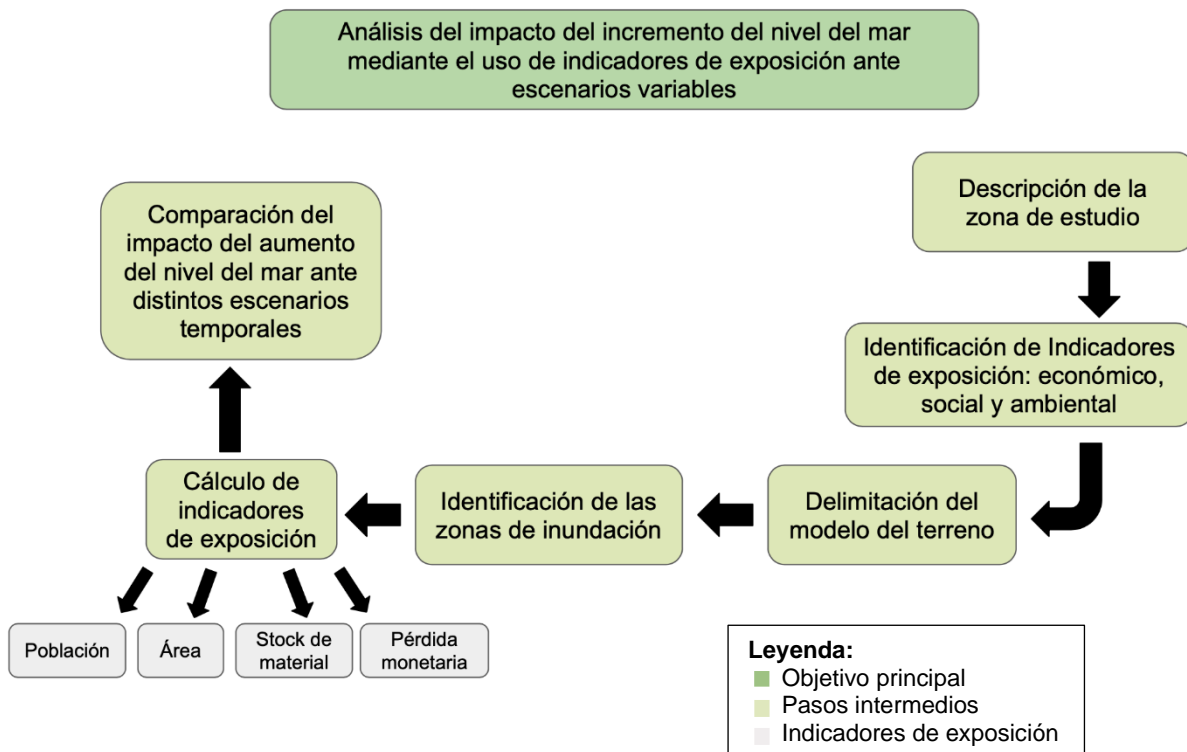
## **3. METODOLOGÍA**

El análisis de impacto del incremento del nivel del mar se basó en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de integrar toda la información espacial. Para ello, se desarrolló la caracterización de la zona de estudio: distrito de Máncora, Piura, pues es relevante conocer aspectos importantes de la zona: ubicación geográfica y clima; así como las condiciones sociales, económicas y ambientales. Luego, se

identificaron arbitrariamente los indicadores de exposición necesarios para evaluar el impacto del aumento del nivel del mar ante distintos escenarios. Seguidamente, se procedió a construir el SIG, con el fin de identificar las zonas de inundación y delimitar el modelo del terreno del estudio. Finalmente, se realizó un análisis cuantitativo de los indicadores para cada uno de los escenarios temporales a fin de realizar las comparaciones pertinentes. A continuación, se puede observar la secuencia de actividades realizadas para llevar a cabo la metodología (Figura 1), las cuales se explicarán con mayor detalle en los acápites posteriores.

**Figura 1.**

*Representación gráfica del flujo metodológico utilizado para determinar el potencial de inundación de Máncora y sus posibles consecuencias territoriales, demográficas, ambientales y económicas*



### **3.1. ZONA DE ESTUDIO: MÁNCORA**

#### **3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Máncora es uno de los seis distritos que componen la provincia de Talara, Piura, Perú. Este distrito está ubicado 4°06'18" latitud sur y 81°03'0" longitud oeste a 7 m.s.n.m.; teniendo como límite norte la provincia Contralmirante Villar, Tumbes y como límite sur el distrito de Los Órganos.

#### **3.1.2. CLIMA DE LA ZONA**

La información climática presentada a continuación, de obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020). De acuerdo a esta institución, Máncora tiene un clima cálido tropical con una temperatura promedio de 26°C. Por un lado, en los meses de verano se registran las temperaturas más altas, llegando hasta 34,1°C. La intensidad de las precipitaciones en el mes de marzo es de 65,5 mm/mes. Sin embargo, en los años en los que ocurre el Fenómeno del Niño, las lluvias se intensifican y se registran temperaturas de hasta 40°C (Municipalidad Distrital de Máncora, 2020). Por otro lado, las mínimas temperaturas se dan en invierno y llegan a 17,1°C. En otoño la temperatura promedio es de 19°C mientras que, en primavera, de 30°C. Respecto a la temperatura del mar, en verano fluctúa entre 22°C y 27°C; mientras que, en las demás estaciones, entre 19°C y 22°C (Municipalidad Distrital de Máncora, 2020).

#### **3.1.3. CARACTERIZACIÓN SOCIAL**

De acuerdo con el compendio estadístico de Piura, Máncora es un distrito que tiene una población censal aproximada de 12 917 personas. Sin embargo, al tratarse de una zona turística, durante algunos periodos del año, el número de habitantes superara la

población censal. Este distrito cuenta con un área total alrededor de 100 km<sup>2</sup> (Municipalidad Provincial de Talara, 2013) y con diferentes espacios públicos para el desarrollo de las actividades sociales de los pobladores y turistas de la zona: plazas, parques, jardines, óvalos y alamedas (INEI, 2017). De acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2005), los espacios públicos son importantes, ya que permiten el desarrollo de vivencias, eventos y tradiciones como desfiles y celebraciones locales, mediante los cuales se construye el sentido de ciudadanía. Por ello, es importante un adecuado mantenimiento de los espacios públicos, de modo que se pueda llevar a cabo las actividades recreativas con total normalidad.

En cuanto al nivel educativo del distrito, se registró que sólo alrededor del 61% de la población había culminado sus estudios de educación secundaria, lo cual ubicó al distrito en el puesto número 520 en el ranking a nivel nacional de distritos (INEI, 2017). Además, los estudiantes matriculados en Máncora corresponden en su totalidad al área urbana, donde la carga docente es de alrededor de 16 alumnos por profesor. La educación se concentra en las áreas urbanas, ya que es allí donde se encuentran las instituciones educativas entre nivel inicial, primaria y secundaria (Municipalidad Provincial de Talara, 2013).

Finalmente, en cuanto al sistema de agua potable y alcantarillado, 11 608 personas tienen acceso a agua potable y 8 505 personas tienen acceso a un sistema de alcantarillado (INEI, 2017). Las cifras muestran que la mayoría de la población tiene acceso a agua potable y a un sistema de alcantarillado, lo cual significa que el nivel de pobreza no es alto en la región. Puesto que la pobreza surge como consecuencia de la imposibilidad de acceder a los recursos para satisfacer las necesidades básicas

humanas, lo cual reduce significativamente la calidad de vida de las personas (Municipalidad Provincial de Talara, 2013). En tal sentido, es importante que las personas logren su bienestar social a fin de que también puedan lograr su bienestar económico.

#### 3.1.4. ***CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA***

El distrito de Máncora es el destino de playa ubicado al norte del Perú que cuenta con la mayor infraestructura turística, y es reconocido a nivel nacional e internacional por sus playas (Pasos, 2017). Debido al gran atractivo del balneario Máncora, el turismo se ha convertido en una actividad económica muy importante en la zona. Solo en el año 2016, se registró que en Máncora se produjo un total de 116 014 arribos y 257 251 pernoctaciones; lo cual muestra un aumento significativo respecto a las cifras del año 2011, en el cual se produjo un total de 105 662 arribos y 238 844 pernoctaciones (INEI, 2017). Por ello, es importante que se realicen programas de turismo sostenible, el cual tiene como fin “responder a las necesidades actuales y a las regiones receptoras y al mismo tiempo proteger y fomentar las oportunidades para el futuro, de forma que puedan satisfacerse las necesidades sociales, económicas y estéticas” (Santos, 2004, p.271). Esto con el fin de que Máncora pueda seguir conservando su atractivo turístico y de este modo pueda seguir contribuyendo con el desarrollo económico de la zona.

No solo el turismo está presente en la economía de Máncora, sino también la pesca. En el año 2016, se desembarcaron un total de 3 894 toneladas métricas cúbicas de recursos marítimos al puerto de Máncora (INEI, 2017). Esta actividad económica es importante, ya que permite el comercio de los recursos marítimos y el abastecimiento local del mismo.

### 3.1.5. *CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL*

Máncora pertenece a la ecorregión de bosque tropical del Pacífico (Sistema de Información Geográfica del Ministerio del Ambiente, 2017). En esta área se reconocen tres ecosistemas según el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: bosque estacionalmente seco de colina y montaña, matorral xérico y desierto costero (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2019). El primero es un “ecosistema costero generalmente caducifolio, de clima semiárido con precipitación estacional y escasa” (MINAM, 2019, p.83). Tiene colinas con una altura relativa de 30 m. a 180 m. cubiertas por arbustos, herbazal efímero y cactáceas (MINAM, 2019). El segundo es un “ecosistema con vegetación xerofítica conformada por asociaciones arbustivas en las que se intercalan cactáceas columnares y un herbazal efímero” (MINAM, 2019, p.85). Mientras que el tercero se caracteriza por ser un ecosistema árido con áreas conformadas por suelos arenosos y algunos afloramientos rocosos en las playas y acantilados marinos, respectivamente. Su vegetación es escasa y se constituye de rosetales, cactáceas y matorrales (MINAM, 2019).

Máncora también cuenta con algunas albúferas. La más representativa se ubica a 180 km de la ciudad de Piura aproximadamente, entre 0 a 4 m.s.n.m. (Labarthe Osores, 2014). Sin embargo, debido al vertimiento de aguas servidas, construcciones ilegales y acumulación de basura y desmonte, se ha perdido alrededor del 40% de este humedal (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

## **3.2. DISEÑO DE ESTUDIO**

### **3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN**

De acuerdo a la revisión de la literatura en el acápite 3.1, se ha seleccionado de forma arbitraria indicadores de exposición para cada uno de los aspectos que se verán afectados debido al aumento del nivel del mar en la zona costera del distrito de Máncora.

En el aspecto social es importante tener en cuenta las áreas perdidas y consecuentemente la densidad poblacional y el número de pobladores que se verán afectados debido al incremento del nivel del mar en un futuro como consecuencia del cambio climático. Puesto que, esta alteración es una amenaza para las zonas costeras que tienen una alta densidad demográfica y presentan elevadas tasas de crecimiento y urbanización (McGranahan et al., 2007).

En el aspecto económico, es importante tener información acerca de los materiales predominantes empleados en las viviendas. De este modo, se puede estimar el costo económico que implica la pérdida de estos materiales, debido al incremento del nivel del mar.

Finalmente, en el aspecto ambiental, se puede cuantificar la pérdida stock de material en toneladas, el cual se puede definir como el material acumulado (concreto armado, plástico, cobre, etc.) de una construcción (Mesta et al., 2019). Sin embargo, en este estudio solo se cuantifica la pérdida de los materiales predominantes para techos, paredes y pisos en cada una de las manzanas afectadas.

**Tabla 1.** *Indicadores de exposición para la evaluación del impacto del aumento del nivel del mar*

<b>Número</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Unidad</b>
1	Social	Área perdida	ha
2	Social	Población	hab/km <sup>2</sup>
3	Ambiental	Stock de Material	ton
4	Económico	Pérdida monetaria	soles

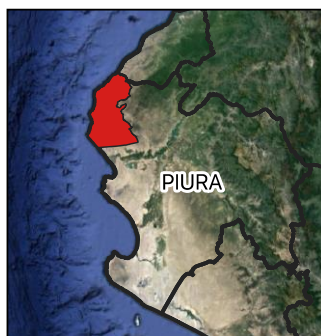
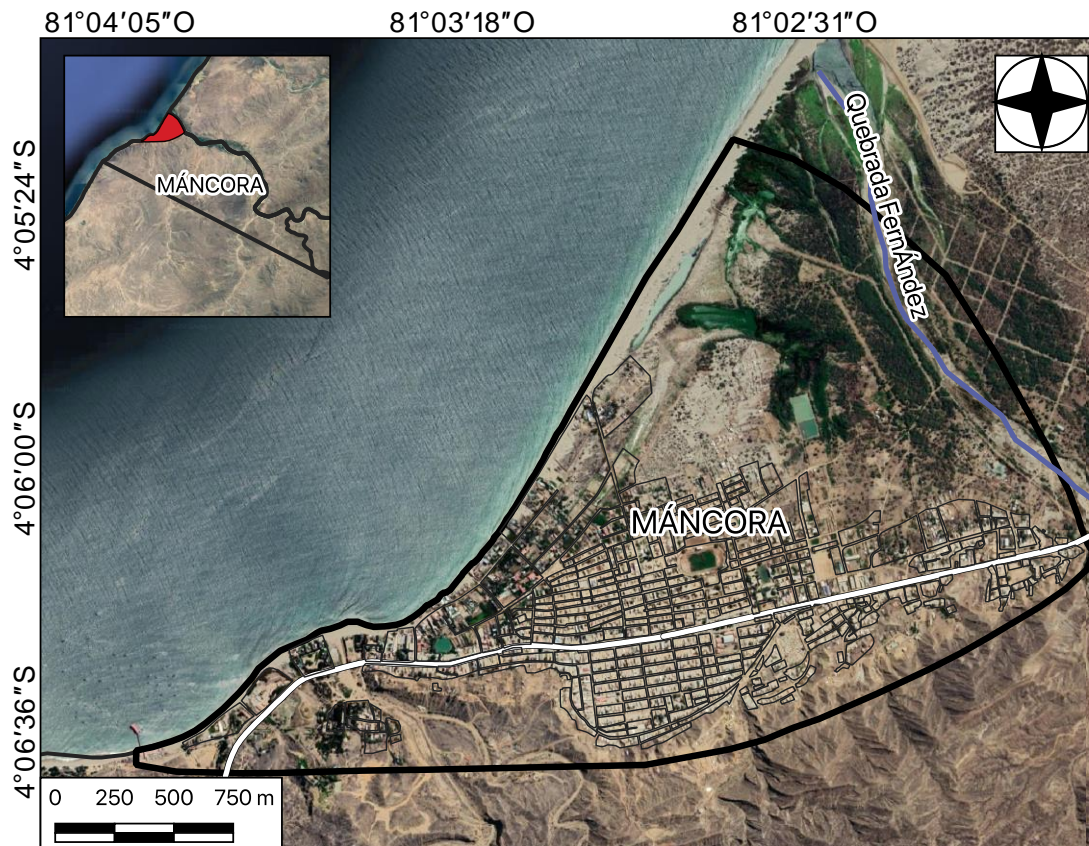
### 3.2.2. **DELIMITACIÓN DEL MODELO DEL TERRENO**

El modelo del área de estudio es un mapa satelital que se extrae de *Google Earth* (*Google LLC, 2020*). A partir de este, se realizó la superposición del *Shapefile* de límites distritales, manzanas y calles de Máncora en el programa de uso libre *Qgis* (*Qgis Development Team, 2020*). Sin embargo, dado que la zona urbana de Máncora es mucho más pequeña que todo el distrito, para este estudio sólo se consideró la zona urbana del distrito de Máncora, la cual se puede observar en la Figura 2. De este modo los resultados obtenidos serán representativos.






**Figura 2.**

*Mapa de la delimitación de la zona de estudio*



**Leyenda**

-  Cuadras
-  Red vial nacional
-  Ríos

**Mapa de la delimitación del área de estudio**

Departamento: Piura  
 Provincia: Talara  
 Distrito: Mancora  
 Datum: WGS1984 UTM Zona 17S  
 Escala: 1:30000  
 Fuentes: IGN, MTC, Google Satellite  
 Autores: Daniela Blanco, Marcela Quirita

### 3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN

Las zonas inundadas se obtuvieron de las proyecciones de uso libre elaboradas por el programa *Sea Level Rise* (Climate Central, 2020). En este caso se empleó la herramienta *Coastal Risk Screening Tool*, basada en el estudio titulado “Proyecciones probabilísticas del nivel del mar en los siglos XXI y XXII en una red mundial de mareógrafos” (2014), realizado por Robert Kopp y colegas. Para zonas fuera de los Estados Unidos, este mapa emplea los datos de elevación del *CoastalDEM* de *Climate Central*, el cual fue revisado y publicado por Kulp y Strauss en el estudio titulado “CoastalDEM: Modelo digital de elevación costera global mejorado a partir de SRTM mediante una red neuronal” (2018). Esta herramienta estima la elevación del nivel del mar y simula las áreas afectadas por las inundaciones permanentes que se producirían ante distintos escenarios alrededor del mundo, de acuerdo al año requerido de proyección o al número de metros del aumento del nivel del mar. Para este estudio se decidió emplear el mapa que realiza las proyecciones de acuerdo al año del aumento del nivel del mar, el cual, a su vez, permite la variación de cuatro parámetros. A continuación, se presentan los parámetros de la herramienta, cuya nomenclatura, asignada originalmente por Climate Central, fue traducida del inglés.

- **Año de proyección:** Este parámetro puede variar desde el año 2030 hasta el 2100.
- **Tipo de proyección:** Consiste en proyectar el aumento del nivel del mar más la altura adicional de una inundación local de distintas intensidades: anual, moderada o grande. La inundación anual local se refiere a aquella que tiene una altura de inundación anual sobre el nivel del mar que se supera una vez al año en promedio. En el caso de la inundación moderada local, la altura sobre

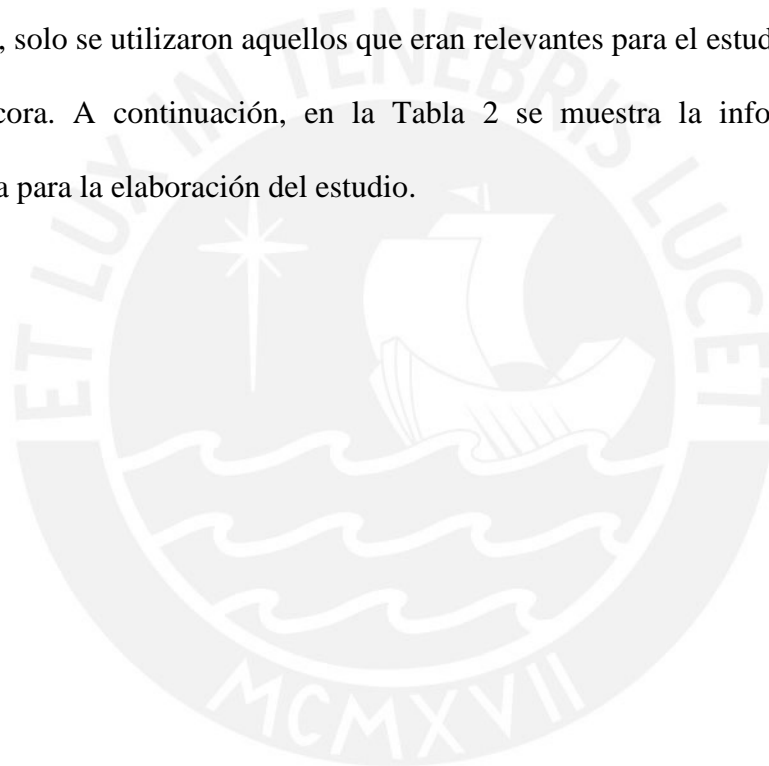
el nivel del mar tiene una probabilidad anual de ser excedida del 10%; mientras que la gran inundación, del 1% (*Climate Central, 2020*).

- **Escenario de contaminación:** Depende de la cantidad de gases del efecto invernadero añadidos a la atmósfera. El parámetro varía de acuerdo a la trayectoria de concentración representativa (RCP, de sus siglas en inglés). El escenario de contaminación de trayectoria rápida y profunda tiene una RCP 2.6, el escenario de contaminación de trayectoria moderada tiene una RCP 4.5 y el escenario de contaminación de trayectoria sin control, una RCP 8.5. La RCP 2.6 indica una contaminación neta de carbono de 840 gigatoneladas para el 2100, la RCP 4.5 indica 1 266 gigatoneladas de contaminación neta de carbono y la RCP 8.5 indica 2 430 gigatoneladas (*Climate Central, 2020*).
- **Suerte:** Indica la intensidad de los efectos sobre el nivel del mar causados por el calentamiento global y la contaminación por atrapamiento de calor. Este parámetro varía según: buena suerte, suerte moderada y mala suerte. La buena suerte indica que los efectos serán más débiles que las estimaciones realizadas por los científicos y la mala suerte, lo contrario (*Climate Central, 2020*).

Para esta investigación se evaluaron los escenarios del aumento del nivel del mar correspondientes a los años 2050, 2080 y 2100. En cada año se varió el escenario de contaminación de trayectoria moderada a sin control; el tipo de proyección fue de un aumento del nivel del mar más la altura adicional de una inundación local anual y la suerte en todos los casos se consideró como moderada. De esta manera se obtuvieron un total de seis escenarios del incremento del nivel del mar para el Distrito de Máncora, Perú.

Una vez obtenidos los mapas de inundación, estos se georreferenciaron mediante el software QGis 3.10.9 (2019), el cual es de uso libre a diferencia de otros *softwares* que existen en el mercado. De este modo, se pudieron obtener las capas de inundación correspondientes a cada escenario de inundación.

Además, se recopilaron *Shapefiles* de todo el Perú, los cuales son archivos que permiten almacenar información espacial de distintos tipos. Estos *Shapefiles* se obtuvieron de los geoservidores de las entidades nacionales oficiales del país. Sin embargo, solo se utilizaron aquellos que eran relevantes para el estudio en el balneario de Máncora. A continuación, en la Tabla 2 se muestra la información espacial empleada para la elaboración del estudio.



**Tabla 2.**

*Información empleada para la construcción del Sistema de Información Geográfica para el análisis del modelo de inundación*

<b>Interés</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente</b>
Inundación	Proyecciones de inundación para tres escenarios temporales: 2050, 2080 y 2100	<i>Climate Central</i>
Terreno	Imagen Satelital del terreno	<i>Google Satellite</i>
Límites	Límites departamentales, provinciales y distritales	Instituto Geográfico Nacional (IGN)
Red Vial	Principales carreteras nacionales	Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
Manzanas	Distribución de las manzanas	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Población	Número de habitantes por manzana de acuerdo al último censo realizado	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Viviendas	Materiales de construcción predominantes en las viviendas	Sistema de Consultas de Base de Datos a nivel de Manzana REDATAM

### 3.2.4. **CÁLCULO DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN**

#### 3.2.4.1. **Área perdida**

La estimación de este indicador se basó en la investigación realizada por Dasgupta y colegas (2007). Esta consistió en la superposición del área de estudio con la capa correspondiente a cada escenario afectable, con lo cual se construyó el SIG del modelo. A partir del modelo obtenido, se identificó el área perdida debido al

incremento del nivel del mar y con ello se calculó el porcentaje de área perdida debido a la inundación.

#### **3.2.4.2. Población**

La población afectada por el incremento del nivel del mar se calculó empleando la metodología realizada por Dasgupta y colegas (2007) en un estudio previo. Esta consiste en la superposición de los mapas de inundación con el *Shapefile* de datos del indicador. A partir de ello se determinó el número de personas que podrían ser afectadas.

#### **3.2.4.3. Stock de material**

La metodología planteada para la estimación de este indicador se basó en la investigación de caracterización geoespacial de Stock de Material (SM) en el sector residencial de la ciudad de Chiclayo realizada por Mesta y colegas (2018), en la cual se realizó un análisis ascendente. A continuación, se explica a detalle la metodología adaptada para el estudio:

1. Se realizó un inventario de las edificaciones por tipo de edificio en la zona sobre la cual se halló el SM en el panorama actual. Esta información se obtuvo del mapa disponible en *QGIS*, *Sputnik Map*, el cual permite identificar con facilidad las edificaciones según el uso que tienen.
2. Del inventario, se determinaron los materiales empleados en las viviendas, para las cuales se estimó el material de stock. Esta información se obtuvo de los Datos del Censo de Población y Vivienda (INEI), los cuales proporcionan información acerca del material de los techos, paredes y pisos de las viviendas a nivel de manzanas.

3. La información obtenida se procesó en un modelo SIG a nivel de manzanas. A partir de este modelo, se determinaron los materiales predominantes para techos, paredes y pisos en cada una de estas. Para los cálculos realizados, se estandarizó el material predominante en techos, paredes y pisos en toda una manzana.
4. Se calcularon valores representativos para el parámetro *Ground Floor Area* (GFA) en m<sup>2</sup> mediante la poligonación de viviendas en cada una de las manzanas. Para ello, se empleó *Google Earth* y *Google Street View*. De este modo, se pudo conocer el área construida y el número de pisos, el cual se estandarizó a nivel de manzana. Es importante señalar que para el cemento, tejas y ladrillos de techo se usó un valor de GFA (m<sup>2</sup>) obtenido directamente del promedio de la poligonación de viviendas dentro de una manzana, mientras que para el ladrillo de pared se usó GFA' (m<sup>2</sup>), ya que el área que ocupa es perpendicular a la de los materiales mencionados anteriormente. Para ello, se asumió que el área en planta de la vivienda típica es de sección cuadrada y la ecuación que se planteó es la siguiente.

$$GFA' = \sqrt{GFA} \times H$$

***Ecuación 1.*** Cálculo del área de piso bruta para ladrillos de muros perimetrales

Donde:

GFA': Área de piso bruto para ladrillos de pared (m<sup>2</sup>)

GFA: Área de piso bruto para ladrillos de techo, tejas y cemento (m<sup>2</sup>)

H: Altura de entrepiso (m).

5. Se determinó la intensidad del material (IM) en kg/m<sup>2</sup> para una vivienda típica en cada una de las manzanas. Para ello, se obtuvieron los valores de densidad y unidades por metro cuadrado de las fichas técnicas de cada uno de los materiales según los proveedores seleccionados.
6. Una vez obtenidos los valores de GFA, GFA' e IM, se superpusieron las capas de inundación de diferentes escenarios obtenidos de *Climate Central* al modelo de SIG construido previamente. A partir de esta superposición, se pudo identificar las zonas inundadas en el distrito de Máncora y ver cuáles eran las áreas afectadas para cada una de las manzanas en los escenarios futuros. Mediante la relación entre área inundada de manzana y el área total de la misma se obtuvieron factores de reducción (f) que permitieron considerar solo el área inundada y no la manzana completa. La ecuación empleada es la siguiente.

$$f = \frac{\text{Área inundada}}{\text{Área total de la cuadra}} < 1$$

**Ecuación 2.** Cálculo del factor de reducción

7. Una vez obtenidos los factores de reducción para cada escenario de incremento del nivel del mar, se obtuvo el Stock de Material (SM) perdido en las manzanas para cada caso mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$SM = IM \times GFA \times n_2 \times N \times f$$

**Ecuación 3.** Cálculo del Stock de Material perdido (kg) para tejas, ladrillos de techo y cemento



$$SM = IM \times GFA' \times n_1 \times n_2 \times N \times f$$

**Ecuación 4.** Cálculo del Stock de Material perdido (kg) para ladrillos de pared

$$SM_{Total} = \sum_i SM$$

**Ecuación 5.** Cálculo del Stock Total de Material perdido

Donde:

GFA (m<sup>2</sup>): Área de piso bruto por manzana (válido para ladrillos tejas, ladrillos de techo y cemento)

GFA' (m<sup>2</sup>): Área de piso bruto por manzana (válido para ladrillos de pared)

IM (kg / m<sup>2</sup>): Intensidad de los Materiales de Construcción de acuerdo a los proveedores

n<sub>1</sub>: Número de paredes perimetrales por piso de vivienda en cada manzana

n<sub>2</sub>: Número promedio de pisos por manzana

N: Número de viviendas por manzana

f: Factor de reducción

SM (kg): Stock de Material perdido

SM<sub>Total</sub> (kg): Total de Stock de Material perdido

Es importante señalar que el cálculo para el material de stock se realizó solo para viviendas, mas no pistas ni hoteles. Además, solo se trabajó con las manzanas que resultaron comprometidas por el incremento del nivel del mar y

no con todas, puesto que en total Máncora presenta más de 300 manzanas. Además de las manzanas afectadas, solo se consideraron las que presentaron información del INEI respecto a los materiales empleados y no aquellas que carecían de datos.

#### 3.2.4.4. Pérdida monetaria

Se determinó el costo del stock de material perdido en soles mediante el siguiente procedimiento:

1. Se extrajo el precio unitario de cada material de construcción de acuerdo al proveedor seleccionado.
2. El precio unitario se convirtió a precio por kilogramo, puesto que el valor de SM ya se tenía en esta medida.
3. Se obtuvo el costo en soles para cada material de construcción perdido.

$$\text{Costo (S/.)} = SM_{Total} (kg) \times \text{Precio (S./kg)}$$

*Ecuación 6. Cálculo del costo del material de stock perdido*

4. Se consideró una tasa de 1% de inflación, tal como recomienda el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) para el cálculo de las pérdidas monetarias de los años correspondientes de estudio. Para ello, se empleó la siguiente ecuación.

$$V_{tn} (S/.) = V_{t0} \times e^{\%r \times t}$$

*Ecuación 7. Cálculo del costo del material de stock perdido*

Donde:

$V_{tn}$  (S/.): Monto de dinero para un determinado año

Vto (S/.): Monto de dinero en la actualidad

%r: Tasa de inflación (1% según BCRP)

t (años): Tiempo en años

### 3.2.5. *COMPARACIÓN DE INDICADORES DE EXPOSICIÓN*

Una vez calculados los indicadores de exposición, se realizó la comparación para cada uno de los seis indicadores ante los tres escenarios temporales de aumento del nivel del mar (para el año 2050, 2080 y 2100). De este modo, se pudieron observar las pérdidas causadas a nivel socioeconómico y ambiental, si es que no se implementan medidas preventivas.

## 4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Es importante mencionar que este estudio presenta algunas limitaciones temporales, debido a la falta de proyecciones de algunos datos para escenarios futuros, por lo cual se trabaja con la información más reciente. En primer lugar, se evalúa la afectación a la población provocada por el aumento del nivel del mar empleando los datos censales más recientes de los habitantes, es decir datos del Censo Nacional 2017, en lugar de estimar esos datos para escenarios futuros. En segundo lugar, para el cálculo del SM también se trabaja con la información del Censo Nacional 2017 para saber cuáles son los materiales predominantes de las viviendas a nivel de manzanas. Sin embargo, solo se toman en cuenta aquellas manzanas que sí presentan información. Además, dado que solo se están considerando viviendas y no otro tipo de propiedades pertenecientes al sector hotelero, no se puede realizar su análisis cuantitativo posterior para determinar la pérdida de stock de materiales, la pérdida económica y la emisión de GEI del sector turístico. En tercer lugar, para este estudio no es posible determinar la intensidad de los materiales mediante una visita a campo, por lo cual se obtienen dichos valores de las fichas técnicas

correspondientes. En cuarto lugar, para el cálculo de la pérdida monetaria, se considera el precio actual de los materiales de construcción y posteriormente se considera la tasa de inflación, de modo que los resultados sean los más próximos a los años de estudio.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que existe un problema de resolución del modelo de uso gratuito de *Sea Level Rise* (90m por pixel) en el que se basó este estudio, de modo que el borde de las áreas afectadas no puede ser suavizadas adecuadamente. Aun así, esto no altera significativamente los resultados finales, puesto que se trata de un área de gran extensión.

## 5. RESULTADOS

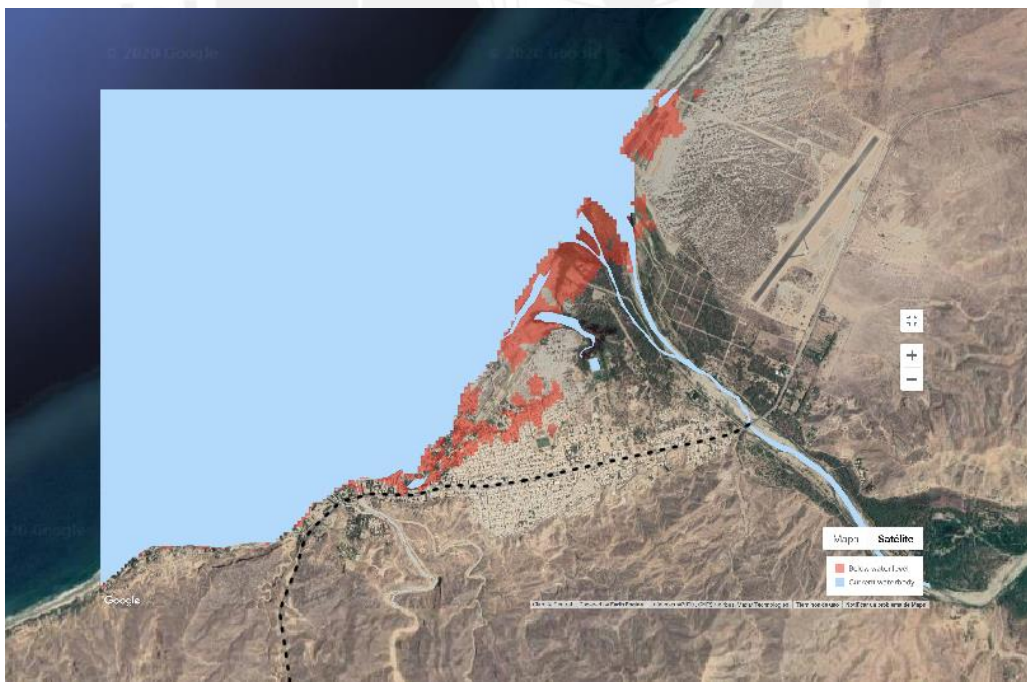
Los mapas de inundación se obtuvieron en formato PNG del Mapa interactivo *Coastal Risk Screening Tool: Map By Year* del programa *Sea Level Rise* (*Climate Central*, 2020). Se optó por esta opción porque el Mapa de este programa no permite la descarga gratuita de la estimación del área afectable (inundable) en formato *Shapefile*, sino que tiene un costo de 700 dólares americanos. Teniendo en cuenta que los mapas en formato PNG se abren como archivos raster en *Qgis* y no están georreferenciados, se ubicaron en *Google Earth* seis puntos de control en la zona urbana de Máncora, tal como se puede observar en la Figura 3. Luego de ubicar los puntos de control, se georreferenciaron adecuadamente los mapas obtenidos originalmente de *Climate Central* en *QGis*, como se muestra en la Figura 4.

**Figura 3.**

*Ubicación de los puntos de control de la zona urbana de Máncora en Google Earth*



**Figura 4. Georreferenciación del Mapa de Máncora en QGIS**

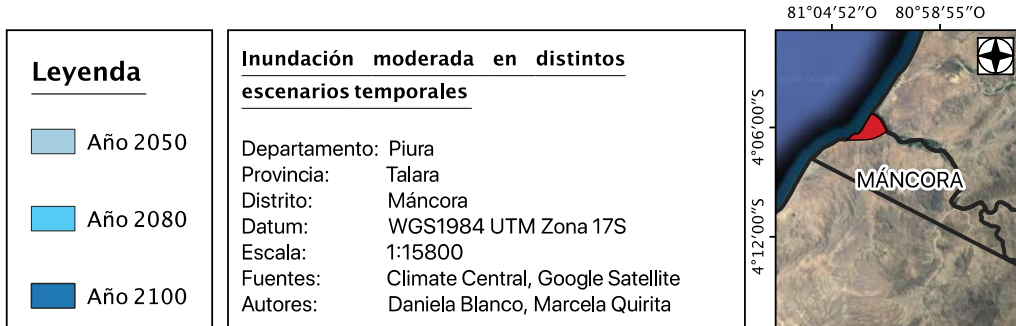
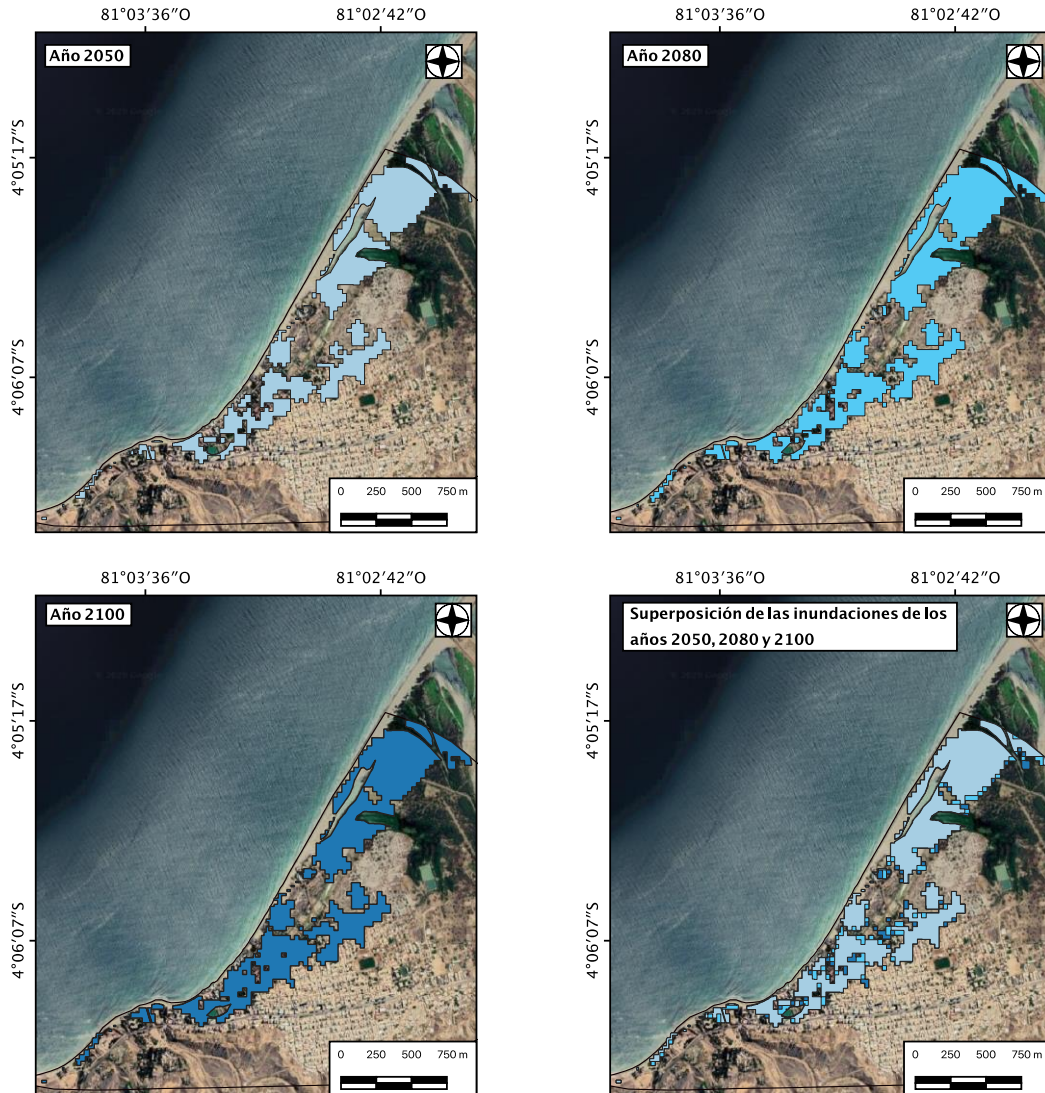


Una vez que los mapas de inundación de Máncora están correctamente georreferenciados, se elaboraron las seis capas de inundación correspondientes a los

escenarios de inundación moderada e inundación sin control para los años 2050, 2080 y 2100. En las Figuras 5 y 6 se muestran las capas obtenidas, así como la superposición de las mismas de los escenarios de inundación moderada y sin control, respectivamente.

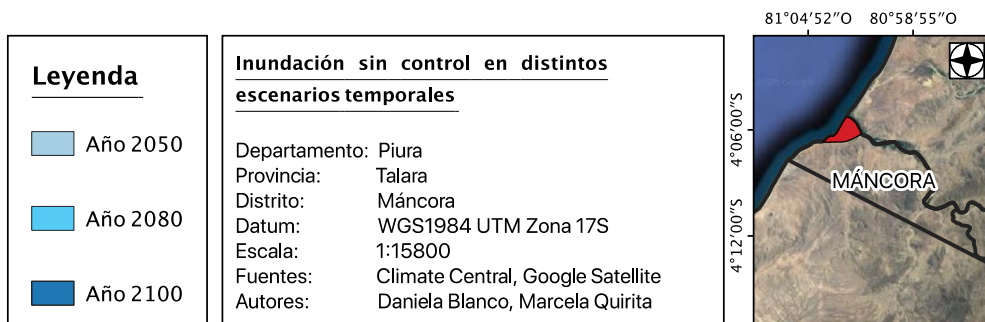
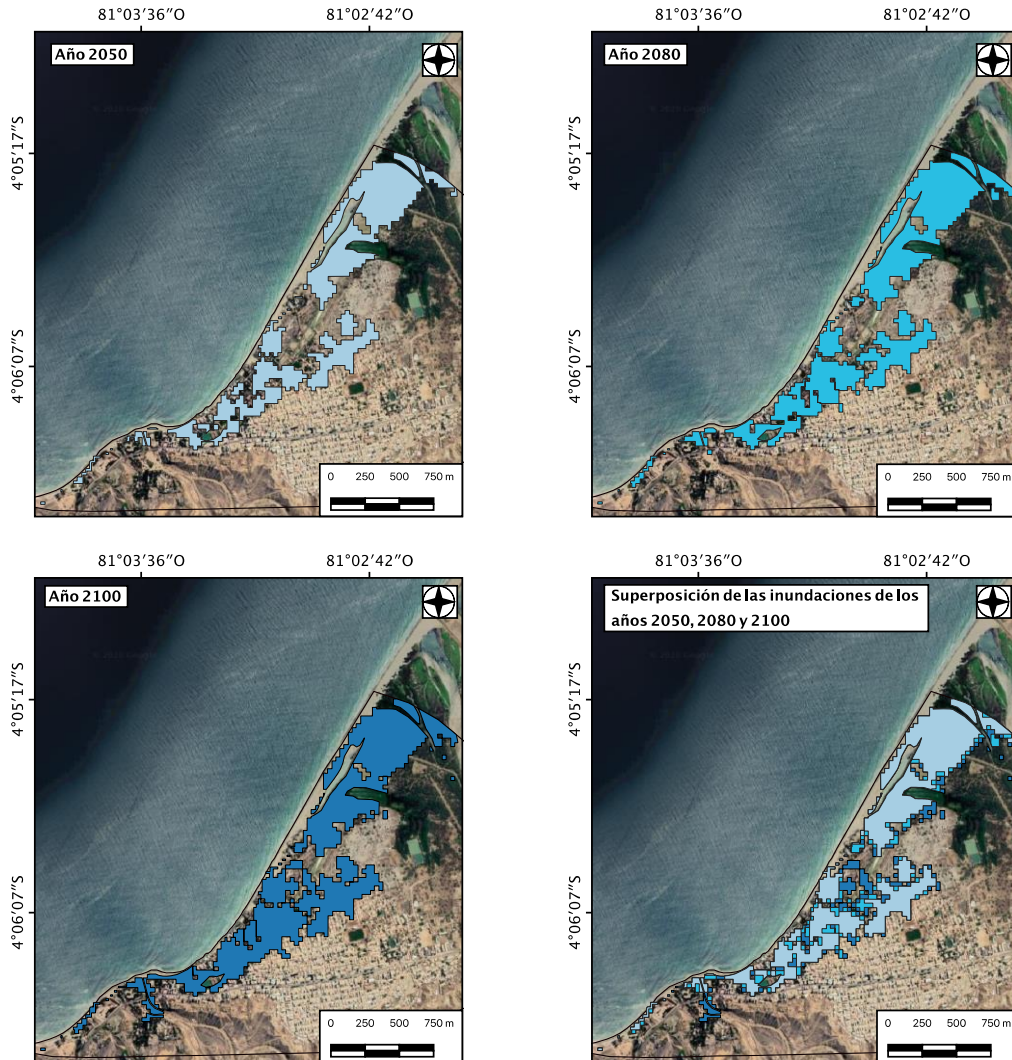


**Figura 5.** Mapas de inundación moderada en los años 2050, 2080 y 2100



**Figura 6.**

*Mapas de inundación sin control en los años 2050, 2080 y 2100*





## 5.1. ÁREAS

Aplicando álgebra de mapas mediante las herramientas vectoriales de geoprocésamiento del software *QGIS* se determina el área total delimitada de la zona de estudio, el área total de las manzanas, las áreas totales perdidas y las áreas perdidas de cada una de las manzanas correspondientes a cada uno de los escenarios del aumento del nivel del mar. Para ello, en la tabla de atributos del *Shapefile* correspondiente se debe aplicar el comando geométrico de área. Con los valores obtenidos se calcula el porcentaje de área perdida debido al incremento del nivel del mar. Este cálculo se realiza respecto al área total delimitada para el estudio (ver Tabla 3) y respecto al área total de las manzanas (ver Tabla 4).

**Tabla 3.**

*Porcentajes de áreas perdidas respecto al área delimitada en los distintos escenarios de inundación*

Área delimitada (ha)	Año	Nivel de contaminación	Área inundada (ha)	Área perdida (%)
504,5	2050	Moderada	66,6	13,2
		Sin control	67,2	13,3
	2080	Moderada	74,1	14,7
		Sin control	78,1	15,5
	2100	Moderada	79,1	15,7
		Sin control	91,9	18,2

*Nota: Para el cálculo de áreas perdidas se consideró como áreas inundadas valores directamente obtenidos de las capas de inundación de las figuras 5 y 6.*

**Tabla 4.**

*Porcentajes de áreas perdidas respecto al área total de las manzanas en los distintos escenarios de inundación*

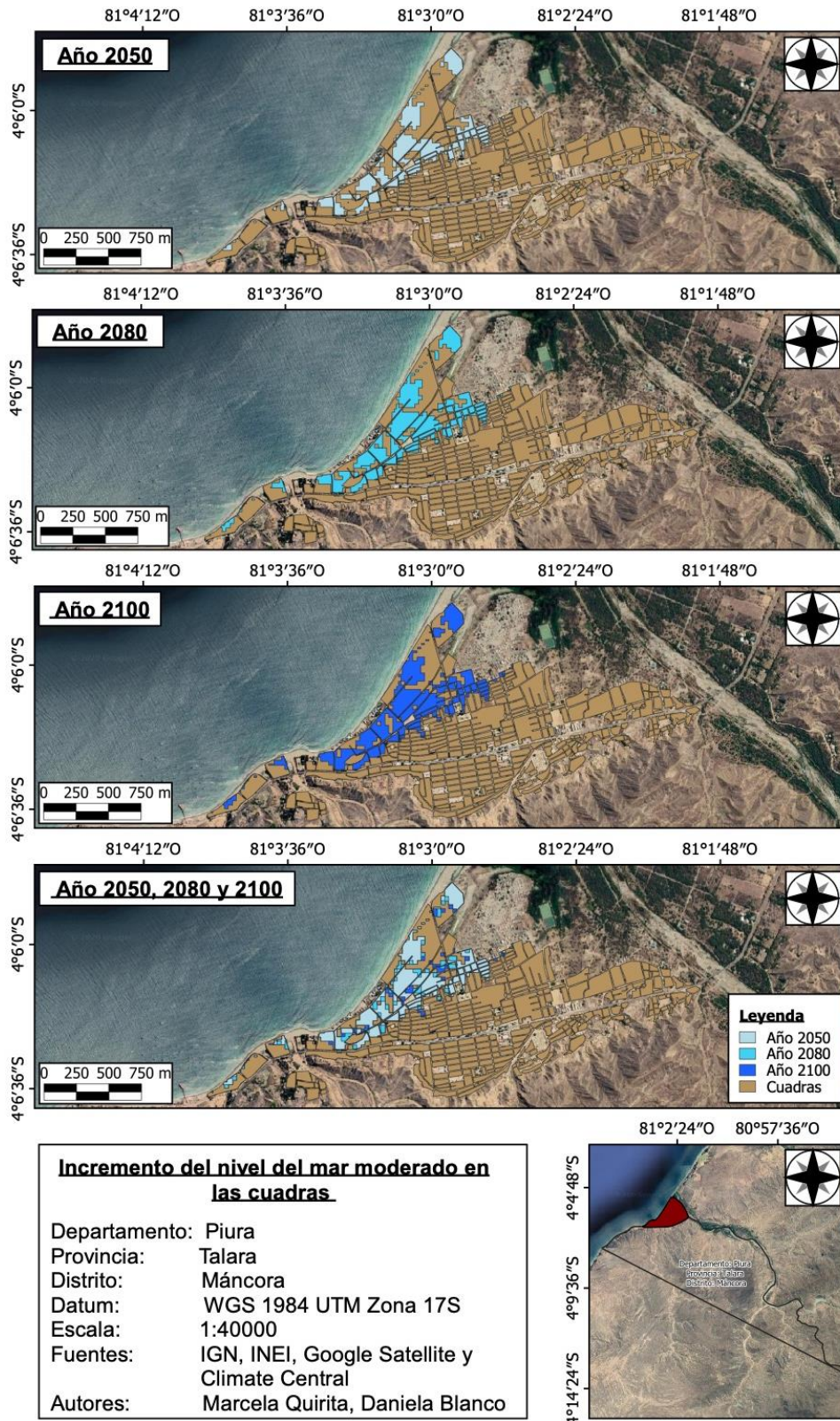
<b>Área total de las manzanas (ha)</b>	<b>Año</b>	<b>Nivel de contaminación</b>	<b>Área inundada de las manzanas (ha)</b>	<b>Área perdida (%)</b>
150,3	2050	Moderada	22,4	14,9
		Sin control	22,6	15,1
	2080	Moderada	26,6	17,7
		Sin control	28,7	19,1
	2100	Moderada	29,1	19,4
		Sin control	35,2	23,4

*Nota: Para el cálculo de áreas perdidas se consideró como áreas inundadas valores directamente obtenidos de las capas de inundación de las figuras 7 y 8.*

A continuación, se presentan los mapas de las áreas inundadas dentro de las manzanas de Máncora para los escenarios de inundación moderada (ver Figura 7) y sin control (ver Figura 8), las cuales se obtuvieron al superponer cada una de las capas de inundación con la capa de las manzanas. Estas áreas se emplearon para el cálculo del área pérdida de la Tabla 4.

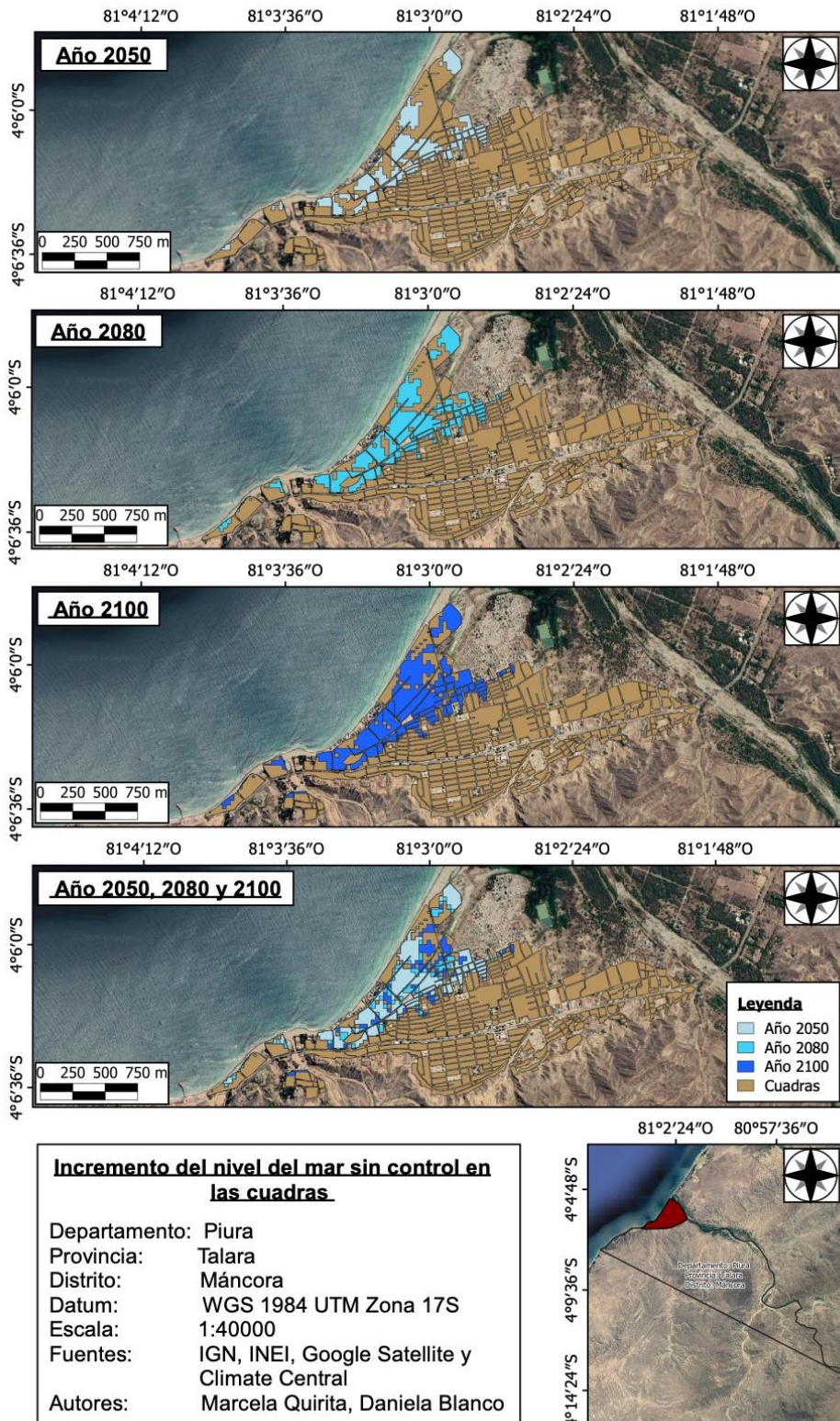
**Figura 7.**

*Área inundada de las manzanas en escenarios de inundación moderada*



**Figura 8.**

*Área inundada de las manzanas en escenarios de inundación sin control*



## 5.2. POBLACIÓN

Una vez obtenida el área total de las manzanas y la población total sobre la misma, se puede hallar la densidad poblacional en las manzanas. Este valor se multiplica por el área inundada dentro de estas para obtener el número de personas que se verán afectadas en cada uno de los escenarios de inundación. Los resultados se pueden observar en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Población afectada por el incremento del nivel del mar en los distintos escenarios de inundación*

Área total de las manzanas (km <sup>2</sup> )	Población total de las manzanas (hab)	Densidad poblacional (hab/km <sup>2</sup> )	Año	Escenario de inundación	Área inundada de las manzanas (ha)	Área inundada de las manzanas (km <sup>2</sup> )	Población afectada (hab)
1,50	12 609	8 389	2050	Moderada	22,37	0,22	1 877
				Sin control	22,63	0,23	1 898
			2080	Moderada	26,63	0,27	2 234
				Sin control	28,73	0,29	2 410
			2100	Moderada	29,14	0,29	2 444
				Sin control	35,17	0,35	2 950

## 5.3. STOCK DE MATERIAL

Al realizar el inventario de la zona de estudio, se identificó una comisaría, un centro de salud y siete centros educativos; dentro de los cuales se determinó que ninguno se verá afectado por el incremento del nivel del mar en ningún escenario de contaminación de los años de estudio. Sin embargo, ese no es el caso de los 44 hospedajes contabilizados, pues una parte significativa de estos se verán perjudicados. A continuación, se presenta la Tabla 6 con el número de hospedajes afectados en cada escenario futuro.

**Tabla 6.**

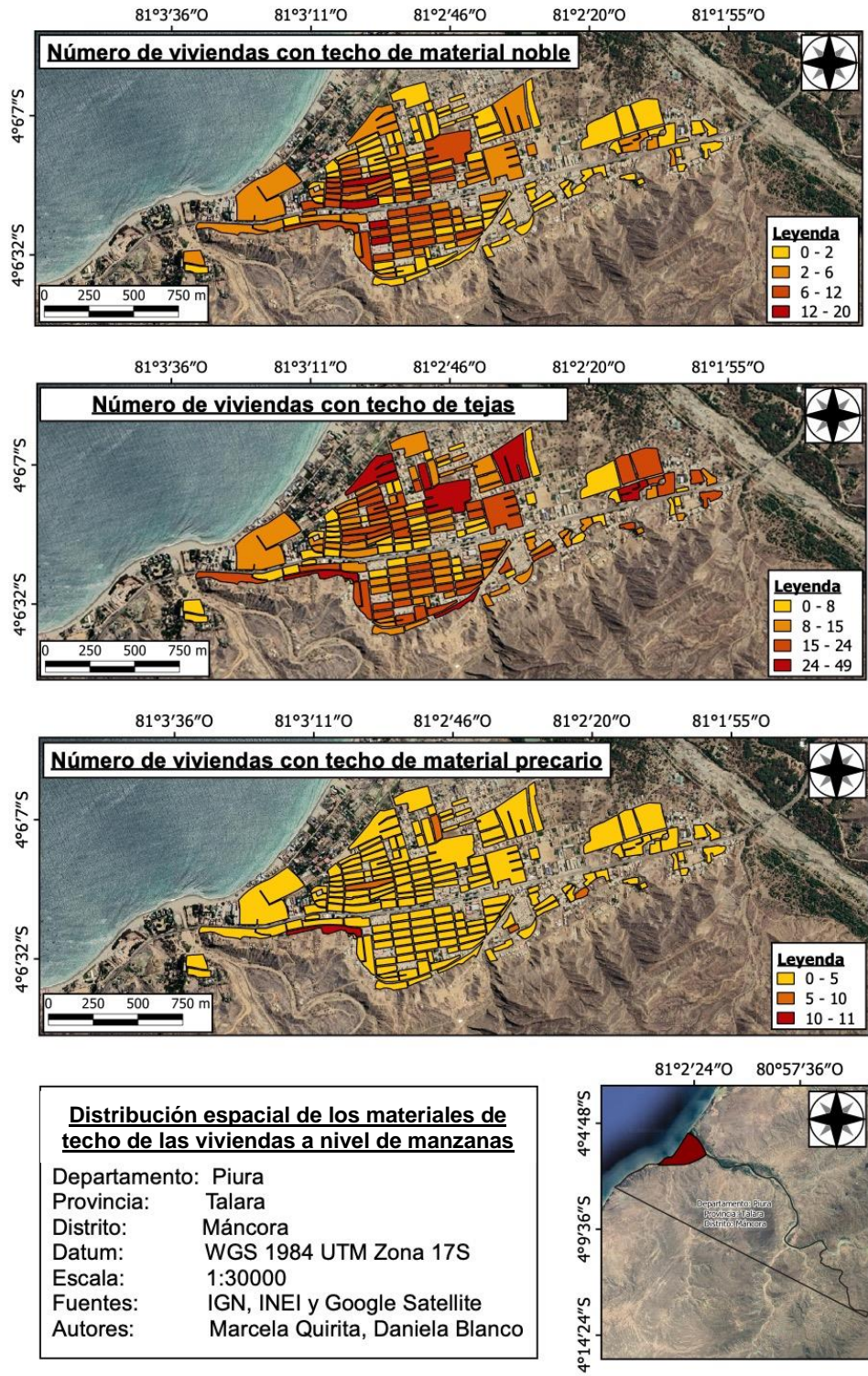
*Número de hospedajes afectado por el incremento del nivel del mar en los distintos escenarios de inundación*

<b>Escenario de inundación</b>	<b>Año</b>	<b>Hospedajes totales</b>	<b>Hospedajes afectados</b>
Moderada	2050		15
	2080		19
	2100	44	22
Sin control	2050		15
	2080		22
	2100		23

A partir de la información proporcionada por el Censo Nacional de Población y Vivienda 2017 del INEI (2020) se puede obtener cuales son los materiales más empleados para techos, pisos y paredes exteriores de las viviendas de Máncora. Esta información se procesó en un modelo de SIG a nivel de bloques o manzanas de construcción. A continuación, se presenta la distribución espacial del número de viviendas según el material empleado y el elemento constructivo: techos (ver Figura 9), paredes exteriores (ver Figura 10) y pisos (ver Figura 11).

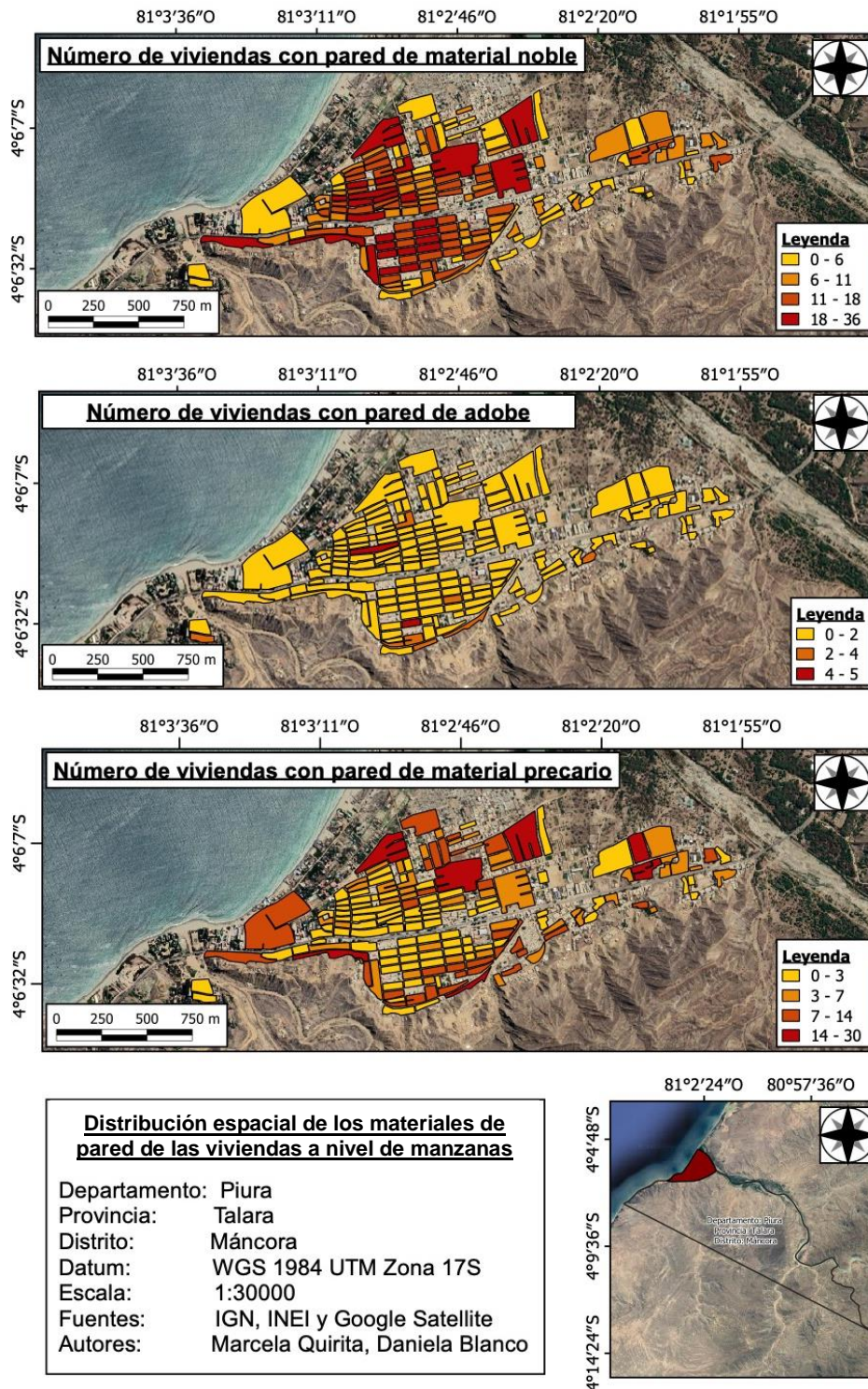
**Figura 9.**

*Distribución espacial de los materiales de construcción del techo*



**Figura 10.**

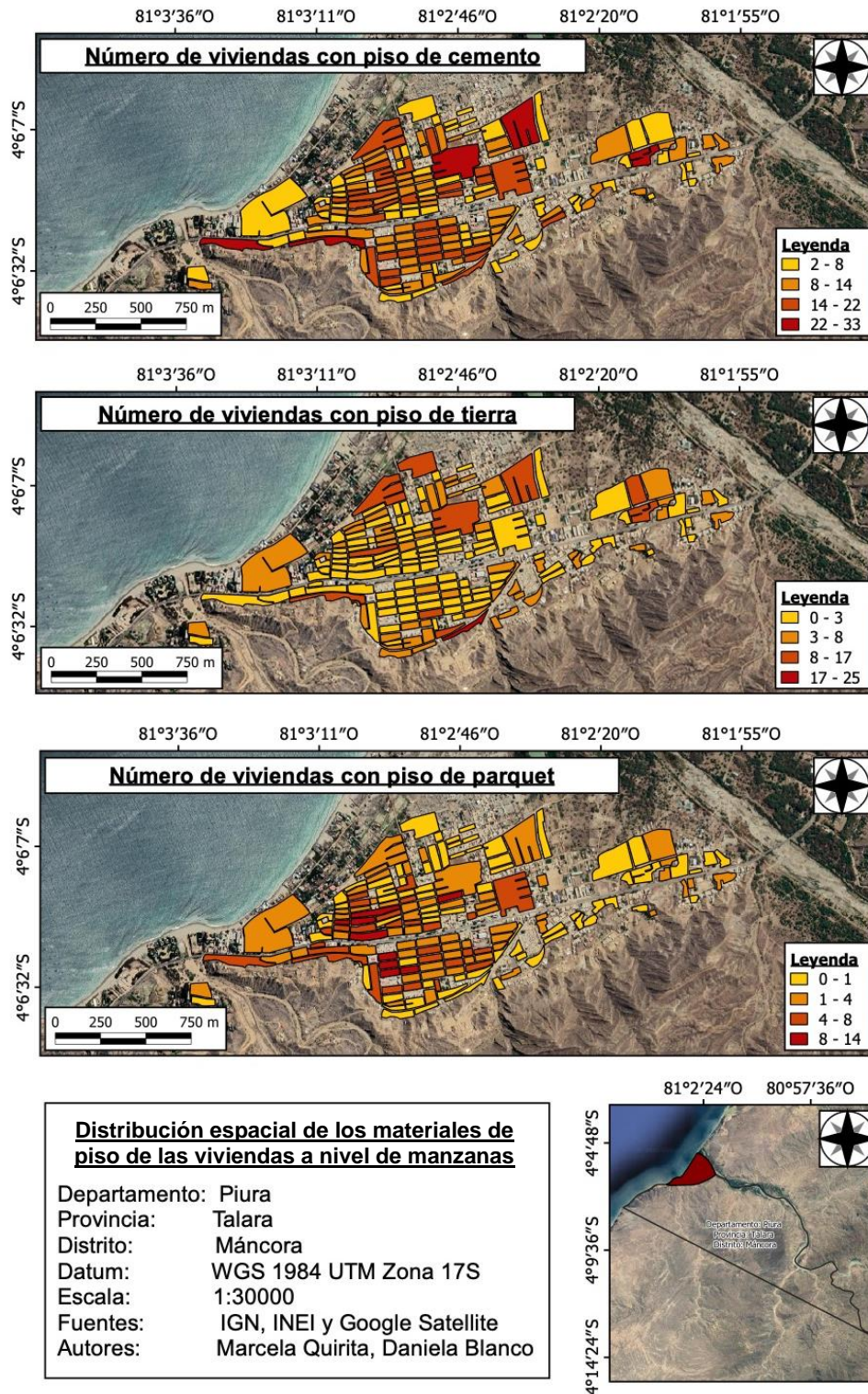
*Distribución espacial de los materiales de construcción de las paredes exteriores*





**Figura 11.**

*Distribución espacial de los materiales de construcción del piso*



Como se pudo observar en las figuras anteriores, el material predominante en los techos es la teja; en el piso, el cemento y las paredes de las viviendas están hechas en su mayoría de material noble. Gráficamente, esto se puede comprobar al observar qué material presenta mayor color rojo en su distribución espacial. A continuación, se muestra el número de viviendas de acuerdo a los materiales predominantes en la zona urbana de Máncora en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

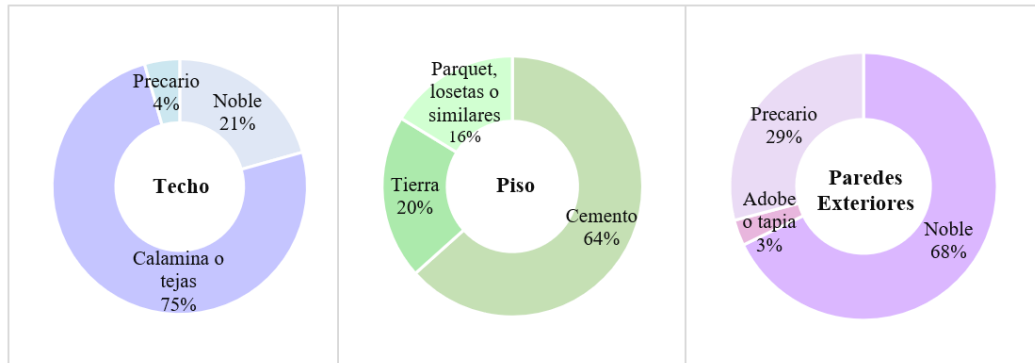
*Número de viviendas en Máncora según los materiales de construcción predominantes*

<b>Techo</b>		<b>Piso</b>		<b>Paredes exteriores</b>	
<b>Material de construcción</b>	<b>Nºde viviendas</b>	<b>Material de construcción</b>	<b>Nºde viviendas</b>	<b>Material de construcción</b>	<b>Nºde viviendas</b>
Noble	584	Cemento	1 800	Noble	1 841
Calamina o tejas	2 117	Tierra	578	Adobe o tapia	85
Precario	126	Parquet, losetas o similares	462	Precario	790
<b>Total</b>	<b>2 827</b>	<b>Total</b>	<b>2 840</b>	<b>Total</b>	<b>2 716</b>

Con la información de la Tabla 7 es posible realizar el cálculo porcentual del material predominante en las viviendas de Máncora, tal como se muestra en la Figura 12. De este modo, se puede corroborar cuales son los materiales predominantes: calamina o tejas para el techo, cemento para el piso y material noble (ladrillos) para las paredes exteriores.

**Figura 12.**

*Porcentajes de materiales predominantes en techo, piso y paredes exteriores de las viviendas de Máncora*



Como el INEI no proporciona los valores de todas las manzanas, sólo se trabaja con las manzanas inundadas que sí presentan información acerca del número de viviendas y los materiales empleados. Esta información se puede observar en el Anexo 1. Una vez determinadas las manzanas que sí presentaron datos, se realiza el cálculo del área de piso bruto (GFA). Como se trabaja a nivel de manzanas, este valor debe ser representativo para cada una de estas. Para ello, se crea un *Shapefile* de las viviendas de las manzanas inundadas y se calcula el área construida de cada una de estas. A continuación, en la Figura 13 se puede observar el mapa de viviendas realizado para el cálculo de GFA de cada una de las manzanas.

**Figura 13.**

*Mapa de viviendas en las manzanas afectadas por la inundación*



Con esta información se puede hallar el GFA (m<sup>2</sup>) representativo de cada una de las manzanas, los cuales se muestran en la Tabla 8. Es importante señalar que se determina el número de pisos de las viviendas, cuyo promedio constituye el número de pisos promedio de la manzana.

**Tabla 8.***Valores obtenidos del GFA (m<sup>2</sup>)*

Número	Manzana	Área construida total (m <sup>2</sup> )	Número de muestras	Área promedio de piso (m <sup>2</sup> )	Número de pisos
1	200706000100100063	3 706	29	128	1,10
2	200706000100100003E	1 142	12	95	1,08
3	200706000100100003B	1 319	13	101	1,00
4	200706000100100003M	174	3	58	1,00
5	200706000100100003N	185	2	93	1,00
6	200706000100100004V	1 745	3	582	1,00
7	200706000100100004B	1 688	20	84	1,10
8	200706000100100004C	885	10	89	1,00
9	200706000100100004J	1 154	12	96	1,00
10	200706000100100004K	561	7	80	1,00
11	200706000100100005M	738	15	49	1,00
12	200706000100100005L	827	15	55	1,00
13	200706000100100005J	324	7	46	1,00
14	200706000100100005Z	340	8	43	1,00
15	200706000100100004A	900	8	113	1,13
16	200706000100200001B	2 235	26	86	1,00
17	200706000100200005	6 125	60	102	1,20
18	200706000100100052D	12 263	97	126	1,47
19	200706000100100025A	516	10	52	1,25
20	200706000100101003	1 199	17	71	1,00
21	200706000100100010	703	10	70	1,00
22	200706000100100011	891	13	69	1,25
23	200706000100100003F	1 626	24	68	1,08
24	200706000100100003G	1 561	20	78	1,06
25	200706000100100003I	2 060	11	187	1,25
26	200706000100100009C	1 535	21	73	1,17
27	200706000100100012	848	11	77	1,29
28	200706000100100009B	719	8	90	1,00
29	200706000100100003S	1 788	26	69	1,00
30	200706000100100003R	2 021	26	78	1,08
31	200706000100100003Q	2 037	21	97	1,00
32	200706000100100003P	2 656	24	111	1,00

Una vez obtenidos los valores de GFA y determinados los materiales predominantes para techo, paredes y pisos en cada manzana, se seleccionan los tipos de materiales empleados en base a lo observado en *Google Street View* y se establecen algunas propiedades físicas necesarias de la vivienda típica para la cual se halló el valor de GFA (m<sup>2</sup>). Es importante señalar que en ningún caso se considera seleccionar un tipo de material de origen artesanal, ya que estos no poseen una ficha técnica de acceso público. Además, al ser de origen artesanal no se puede garantizar la uniformidad de sus dimensiones ni la de sus propiedades. A continuación, se especifican los tipos de materiales seleccionados.

- **Tejas**

Según lo observado en *Google Street View*, se consideran tejas tradicionales. Para ello, se selecciona a la empresa CEPERSA, la cual se encarga de la elaboración de tejas tradicionales PIRÁMIDE. Según la ficha técnica proporcionada, estos ladrillos tienen típicamente dimensiones de 35 cm x 13,8 cm x 17,8 cm x 1 cm (PIRÁMIDE, 2017).

- **Ladrillo de techo**

La elección del tipo de ladrillo para techo depende fundamentalmente de la altura requerida del mismo. Esta decisión depende de la longitud libre de techo, es decir a mayor longitud libre de techo, se debe escoger un ladrillo de mayor altura (Aceros Arequipa, 2020). En este caso, según lo observado en las calles de Máncora mediante *Google Street View*, se puede notar que las longitudes libres de techo no son grandes, de modo que no se requieren ladrillos de gran altura. Aun así, no se seleccionan los ladrillos de menor altura, por un tema de seguridad, sino uno de altura intermedia: ladrillo liso de 15 cm de altura. De este modo, se puede asegurar

que el espesor del aligerado sea típicamente de 20 cm. En este caso, se selecciona a la empresa CEPERSA, la cual se encarga de la elaboración de los ladrillos PIRÁMIDE. Según la ficha técnica proporcionada, estos ladrillos tienen típicamente dimensiones de 30 cm x 30 cm x 15 cm (PIRÁMIDE, 2017b).

- **Ladrillo para muros portantes**

En el Perú el ladrillo comercial más usado para la construcción de muros portantes es el king kong de 18 huecos (Aceros Arequipa, 2020). La elección del tipo de ladrillo es importante, ya que los muros portantes que forman tienen como función soportar todo el peso del techo. En este caso, se selecciona a la empresa CEPERSA, la cual se encarga de la elaboración de los ladrillos PIRÁMIDE. Según la ficha técnica proporcionada, estos ladrillos tienen típicamente dimensiones de 23 cm x 12,5 cm x 9 cm (PIRÁMIDE, 2017). Además, es importante señalar que, según lo observado en las calles de Máncora mediante *Google Street View*, se puede notar que la altura libre de piso (solo donde va el muro portante) de la ciudad es baja. Por lo tanto, se estandariza como altura libre de piso general un valor de 2,50 m, el cual es mayor que la altura mínima libre de piso (2,30 m según la Norma Técnica A.020 Viviendas).

- **Cemento**

Dado que el número de pisos de las viviendas es en su mayoría de uno y que en ningún caso se superan los tres pisos, el cemento requerido no es de gran resistencia. Además, como en este caso el cemento es utilizado para el piso se escoge el cemento más básico, el cual es el Portland tipo I. Este cemento es de uso general y se emplea cuando el cemento no requiere características especiales (Unión Andina de Cementos, s.f.). La marca seleccionada es Pacasmayo, ya que su

planta cementera está presente en la región de Piura, sin embargo, a la fecha no se ha encontrado algún estudio que corrobore que esta es la marca más usada en Piura. Es importante señalar que el cemento, a diferencia de los ladrillos, no se comercializa por unidad; sino por bolsa y cada una de estas contiene 42,5 kg, según la ficha técnica de cemento Pacasmayo.

Una vez seleccionados los materiales y sus proveedores, se obtienen sus respectivas densidades y unidades por m<sup>2</sup> de las fichas técnicas correspondientes (ver Tabla 9). Con estos valores se determina la intensidad de material de los ladrillos de techo y pared, tejas y cemento, mostrados a continuación.

**Tabla 9.**

*Densidad e intensidad de los materiales analizados*

<b>Material</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Intensidad de Material (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Ladrillo de techo	1,95	70
Tejas	2,89	48
Ladrillo de pared	1,95	109
Cemento	3,10	620

*Nota: Datos obtenidos de las fichas técnicas de PIRÁMIDE en caso de ladrillos, tejas y cemento. Para las paredes se consideró ladrillo king kong de 18 huecos, para el techo ladrillo liso de 15 huecos y Cemento Pacasmayo, que es el de uso general.*

Para determinar el stock de material perdido por la inundación de cada año, se aplica un factor de reducción al material de stock total calculado en cada manzana. Este factor se halla dividiendo el área inundada de cada manzana entre su respectiva área. Este procedimiento se realizó para cada uno de los escenarios como se aprecia en la Tabla 10.



**Tabla 10.***Factores de reducción para el stock de material perdido ante los diferentes escenarios de inundación*

Número de manzana	Área de manzana (m <sup>2</sup> )	Área de manzanas inundada (m <sup>2</sup> )						Factor de reducción					
		Moderado			Sin control			Moderado			Sin control		
		2050	2080	2100	2050	2080	2100	2050	2080	2100	2050	2080	2100
1	27 851	14 000	17 558	20 787	14 000	19 947	23 267	0,503	0,630	0,746	0,503	0,716	0,835
2	2 519	464	1 509	1 415	1 484	1 409	1 845	0,184	0,599	0,562	0,589	0,559	0,732
3	2 713	2 679	2 679	2 707	2 713	2 707	2 708	0,988	0,988	0,998	1,000	0,998	0,998
4	1 688	93	98	108	141	106	224	0,055	0,058	0,064	0,083	0,063	0,133
5	4 671	268	185	248	280	247	247	0,057	0,040	0,053	0,060	0,053	0,053
6	19 172	9 888	12 966	13 891	10 546	12 909	16 430	0,516	0,676	0,725	0,550	0,673	0,857
7	3 093	2 410	2 410	2 502	2 505	2 495	2 495	0,779	0,779	0,809	0,810	0,807	0,807
8	2 618	582	582	684	684	683	693	0,222	0,222	0,261	0,261	0,261	0,265
9	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083	2 083	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	5 846	770	698	730	839	791	725	0,132	0,119	0,125	0,143	0,135	0,124
11	1 845	1 782	1 782	1 797	1 796	1 797	1 796	0,966	0,966	0,974	0,973	0,974	0,974
12	1 727	1 419	1 419	1 418	1 422	1 422	1 417	0,822	0,822	0,821	0,823	0,824	0,821
13	1 707	412	418	421	492	483	416	0,241	0,245	0,247	0,288	0,283	0,244
14	2 079	0	0	571	221	693	563	0,000	0,000	0,275	0,106	0,334	0,271
15	6 572	625	552	618	703	619	613	0,095	0,084	0,094	0,107	0,094	0,093
16	8 002	0	0	0	0	0	1 314	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,164
17	15 381	130	157	117	130	125	131	0,008	0,010	0,008	0,008	0,008	0,008
18	67 760	33 646	38 336	41 394	34 132	40 284	46 655	0,497	0,566	0,611	0,504	0,595	0,689

19	2 476	0	0	0	0	0	176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,071
20	3 777	2 816	2 867	2 867	2 816	2 795	3 628	0,746	0,759	0,759	0,746	0,740	0,960
21	1 804	588	646	646	588	589	587	0,326	0,358	0,358	0,326	0,327	0,326
22	1 690	143	143	143	143	143	143	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
23	2 602	2 350	2 383	2 353	2 350	2 363	2 351	0,903	0,916	0,904	0,903	0,908	0,904
24	3 206	2 495	2 749	2 710	2 495	2 717	2 708	0,778	0,857	0,845	0,778	0,847	0,845
25	2 947	354	957	1 315	354	931	1 247	0,120	0,325	0,446	0,120	0,316	0,423
26	3 624	0	0	1 193	0	953	1 203	0,000	0,000	0,329	0,000	0,263	0,332
27	2 346	0	0	204	0	143	177	0,000	0,000	0,087	0,000	0,061	0,076
28	1 281	0	0	0	0	0	488	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,380
29	3 198	2 711	3 195	3 197	2 711	3 188	3 190	0,848	0,999	1,000	0,848	0,997	0,997
30	4 112	1 730	1 730	1 747	1 736	1 618	2 517	0,421	0,421	0,425	0,422	0,394	0,612
31	4 686	104	825	814	104	836	2 617	0,022	0,176	0,174	0,022	0,179	0,559
32	4 651	0	31	37	0	10	595	0,000	0,007	0,008	0,000	0,002	0,128

Una vez obtenidos los factores de reducción, se determina la pérdida del stock de los materiales de construcción predominantes en cada manzana, para cada año y escenario de inundación (ver Anexo 2). A partir de esos valores, en la Tabla 11 se determina el total del stock de material perdido de los años 2050, 2080 y 2100.

**Tabla 11.**

*Stock de material perdido para viviendas ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100*

<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcciones (ton)</b>				
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>
Año 2050 Inundación Moderada	3,57	731	890	5,844
Año 2080 Inundación Moderada	3,57	867	1 050	6,867
Año 2100 Inundación Moderada	23,34	938	1 221	7,684
Año 2050 Inundación Sin Control	3,57	769	927	6,205
Año 2080 Inundación Sin Control	19,36	900	1 156	7,382
Año 2100 Inundación Sin Control	23,50	1 077	1 419	8,795

#### **5.4. PÉRDIDA MONETARIA**

Se obtuvieron los precios comerciales por unidad de cada uno de los materiales considerados para el cálculo del stock de material. A partir de este dato, se pudo calcular el precio por kilogramo de cada uno de estos materiales, como se observa en la Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Precio de los materiales considerados en el cálculo del stock de material perdido*

<b>Material</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>
Precio unitario (S/.)	1,10	1,80	3,20	30.24
Peso por unidad	2,80	1,60	7,80	42.5
Precio por kilo (S/.)	0,39	1,13	0,41	0.712

*Nota: Datos obtenidos de las distribuidoras oficiales (PROMART y SODIMAC) según el tipo de ladrillo y cemento mencionado en la nota de la Tabla 9.*

A continuación, en la Tabla 13 se muestran las pérdidas monetarias en cada uno de los escenarios de inundación.

**Tabla 13.**

*Pérdida monetaria del stock de material perdido ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100*

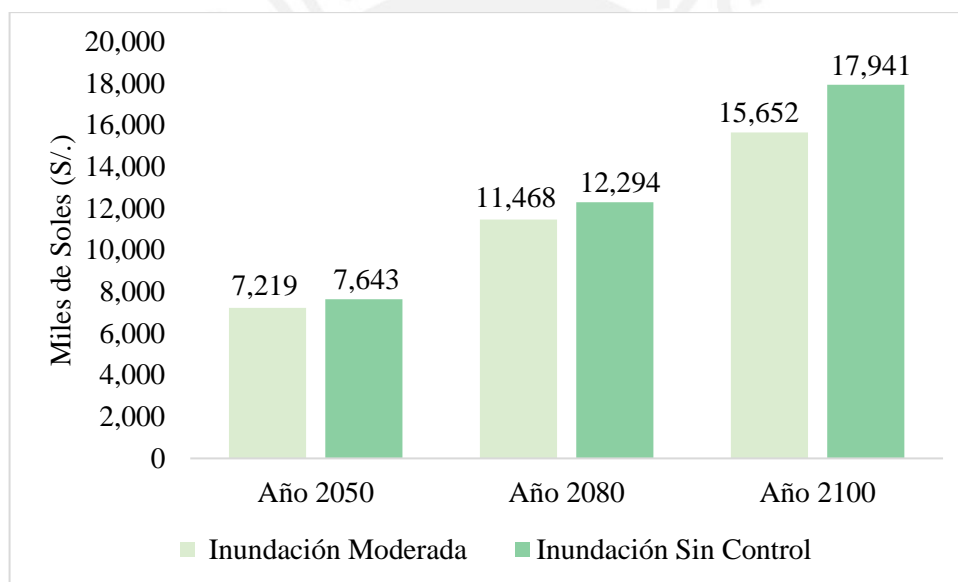
<b>Pérdida Monetaria de Stock de Materiales de Construcción (Miles de S/.)</b>					<b>Total</b>
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>	<b>(Miles de S/.)</b>
Año 2050 Inundación Moderada	1.40	823	365	4,159	5,348
Año 2080 Inundación Moderada	1.40	975	431	4,886	6,294
Año 2100 Inundación Moderada	9.17	1,055	501	5,468	7,033
Año 2050 Inundación Sin Control	1.40	866	380	4,415	5,662
Año 2080 Inundación Sin Control	7.61	1,013	474	5,253	6,747
Año 2100 Inundación Sin Control	9.23	1,212	582	6,258	8,061

Es importante señalar que los cálculos realizados constituyen un cálculo teórico, puesto que se consideran solo las áreas afectadas directamente dentro de cada una de las manzanas como consecuencia de la inundación y por consiguiente las pérdidas dentro de estas.

Además, también se debe considerar la tasa de inflación con el fin de obtener una pérdida económica más cercana a los años de estudio. Para ello, se considera una tasa de 1%, correspondiente al rango de la meta de inflación planteada por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2016), y se emplea la Ecuación 7. A continuación, en la Figura 14 se muestran los resultados obtenidos para la pérdida monetaria.

**Figura 14.**

*Pérdida monetaria del stock de material perdido ante los distintos escenarios de inundación en los años 2050, 2080 y 2100 considerando la tasa de inflación de 1%*



Es importante señalar que muchas áreas no inundadas también se verán afectadas indirectamente debido a su cercanía a las áreas afectadas directamente por la inundación. Por tal motivo, resulta importante no solo considerar las pérdidas de stock de material y la pérdida monetaria tomando en cuenta solo las áreas inundadas directamente. Sino también, estimar estas pérdidas considerando la afectación total de las manzanas en los casos en que la inundación sea considerable, ya que esto supone la inhabitabilidad de viviendas de toda la manzana.

## **6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. ÁREA PERDIDA**

A medida que el escenario es aún más crítico (escenarios de inundación sin control), el incremento del nivel del mar llega incluso a zonas dentro de la misma ciudad. Como es el caso del escenario más pesimista en el año 2100, en el cual se puede observar cómo se ve afectado el casco urbano del distrito (Figura 8), constituyendo una pérdida del área urbana alrededor del 23,4% (Tabla 4). Esta cifra puede parecer baja en comparación con estudios que concluyen un mayor porcentaje de pérdida del área urbana, como es el caso de Roseta en Egipto. Este estudio SIG desarrollado por M. El-Raey y colegas (1996), sostiene que un incremento de nivel del mar de 0,5 m inundará alrededor del 32% de áreas urbanas, mientras que si el aumento llega a 1,1 m se perderá alrededor del 43%. Estas cifras son mayores que las obtenidas para Máncora, sin embargo, si es que se considera el número de viviendas afectadas (264) respecto al número total de viviendas (529), el porcentaje es de 50%, lo cual resulta alarmante para la existencia del distrito a largo plazo.

### **6.2. POBLACIÓN AFECTADA**

De acuerdo al estudio realizado por Neumann y colegas (2015), se considera que, en el año 2060, el continente con mayor población costera en riesgo por las inundaciones que causará el incremento del nivel del mar, será el continente Asiático (310 millones); debido al gran número de personas que habita en las zonas costeras de baja elevación. Por el contrario, Latinoamérica y el Caribe será la región con un menor número de pobladores en riesgo (11 millones), después de Oceanía, respecto a la población costera a nivel mundial (Neumann et al., 2015). Por esta razón, la cantidad

de estudios sobre el impacto que tendrá el aumento del nivel del mar en países Latinoamericanos, es limitado. Sin embargo, también es importante estudiar el efecto que tendrá en estos países en vías de desarrollo, como el Perú. Pues, al tener más del 50% de su población residiendo en la costa y ser considerado como un país de alto riesgo ante eventos del cambio climático por sus zonas costeras bajas y otras razones adicionales (MINAM, 2014), una parte importante de los habitantes costeros se verán afectados, como se observó en los valores alcanzados en el análisis realizado para la zona de estudio.

Los resultados obtenidos mostraron que alrededor del 15% de la población de Máncora se vería afectada en un escenario de inundación moderada en el año 2050, mientras que en el peor de los escenarios evaluados (inundación sin control en el año 2100) la población afectada sería aproximadamente del 23%. Para determinar estos valores se halló previamente la densidad poblacional y se trabajó con el número actual de residentes del distrito de Máncora a nivel de manzanas, mas no se consideró el número de turistas. Esto debido a que el Censo Nacional 2017 solo considera a los habitantes de la zona y no tiene proyecciones sobre el crecimiento poblacional para escenarios futuros tan alejados. En base a estas limitaciones, se considera que estos valores podrían enmascarar a un número mucho mayor de la población afectada, como lo estiman Hauer y colegas (2016) en su estudio sobre la posible población en riesgo debido al incremento del nivel del mar en los Estados Unidos. En este estudio, mediante las proyecciones de crecimiento poblacional, se ha estimado que para el año 2100, el número de habitantes estadounidenses en riesgo es el triple de la estimación calculada en base a la población actual del año 2010 (Hauer et al., 2016). Esto sugiere que el cálculo basado en la población actual subestima el riesgo real, pues no se considera la tasa de crecimiento poblacional ni las migraciones que podrían ocurrir en

un futuro. Lo cual pone en manifiesto la importancia de considerar este tipo de investigaciones para mejorar los patrones de asentamiento y realizar una planificación urbana tomando en cuenta las zonas costeras que se verán afectadas por las inundaciones. Además, como mencionan Mcgranahan y colegas (2007), el Estado debería tomar las medidas correspondientes para apoyar a los asentamientos urbanos que se ubican en el interior del país y así evitar las migraciones descontroladas hacia la costa. De este modo, se tendría un patrón de desarrollo urbano más equilibrado y se reduciría el riesgo de la población frente a las inundaciones causadas por el aumento del nivel del mar (Mcgranahan et al., 2007).

### **6.3. STOCK DE MATERIAL**

Se obtuvo el material de stock en toneladas para cada uno de los materiales en los seis escenarios analizados (tres de incremento de nivel del mar moderado y tres de incremento del nivel del mar sin control). Como era de esperarse, las mayores pérdidas de materiales de construcción se producen en los escenarios de inundación sin control; mientras que las menores pérdidas, en los escenarios de inundación moderada.

Por un lado, es importante señalar que la pérdida de material de stock obtenida no corresponde a la pérdida total que se daría en cada uno de los seis escenarios, lo cual se debe a tres principales razones. En primer lugar, para este análisis solo se cuantifican algunos de los materiales de construcción: ladrillos de techo, ladrillos de muros portantes, tejas y cemento para el piso; y no todos los que realmente fueron empleados para la construcción. Esto debido a que esa es la información proporcionada por la INEI para viviendas de Máncora; mas no se proporciona información acerca de los elementos estructurales, instalaciones sanitarias ni



eléctricas. En segundo lugar, solo se trabaja con las manzanas que sí presentan datos respecto al número de viviendas según el tipo de material, pero no con el total de manzanas afectadas por las inundaciones. En tercer lugar, como no existen proyecciones acerca del número de viviendas que existirían en el año 2050, 2080 y 2100; se asume que el número de viviendas es invariable en el tiempo, cuando en la realidad este número probablemente aumente debido al crecimiento urbano.

Por otro lado, se observa que en algunas manzanas el porcentaje inundado es mayor al 80%. Para esos casos, es muy probable que las edificaciones pertenecientes a las zonas no inundadas de esas manzanas se vean afectadas, de modo que terminen siendo inhabitables debido a su proximidad al mar, ya que en algunos casos incluso están rodeadas de agua por completo formando una especie de isla. Por esta razón, es importante tomar en cuenta un análisis adicional en el que se considera el 100% de inundación en las manzanas cuyo porcentaje es mayor al 80% (ver Anexo 3). De esta manera, se considera que la pérdida del SM corresponde a todas las viviendas de esas manzanas, lo cual incrementa los valores hallados previamente en la Tabla 11. A continuación, se presenta la Tabla 14 con las pérdidas de SM, correspondientes a los años y escenarios de inundación analizados.

**Tabla 14.** Stock de material perdido para viviendas ante los distintos escenarios de inundación considerando los factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1

<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>
Año 2050 Inundación Moderada	3,57	748	913	5987
Año 2080 Inundación Moderada	3,57	884	1081	7007
Año 2100 Inundación Moderada	23,34	963	1266	7935
Año 2050 Inundación sin Control	3,57	793	962	6443
Año 2080 Inundación sin Control	19,36	925	1201	7633
Año 2100 Inundación sin Control	23,50	1175	1509	9349

De acuerdo a la Tabla 14, en el escenario más pesimista, es decir inundación sin control en el año 2100, considerando toda la manzana inundada si es que el porcentaje es mayor al 80%, la pérdida total de SM es de 12 117 ton (23,5 ton de ladrillo de techo, 1175 ton de tejas, 1 509 ton de ladrillos de pared y 9 349 ton de cemento). Esta cantidad no parece ser tan alta, teniendo en cuenta que el distrito de Máncora tiene una extensión superficial de aproximadamente 97 km<sup>2</sup>. Sin embargo, al considerar solo el casco urbano del distrito, si se trata de una cantidad considerable, puesto que la extensión es de aproximadamente 5 km<sup>2</sup>. Además, si se tratara de una zona insular, la afectación debido al incremento del nivel del mar sería aún mayor, tal como lo muestra un estudio de pérdida de SM en Fiji. El estudio realizado por Merschroth y colegas (2020) determinó que para el año 2100, en la República de Fiji se espera una pérdida de SM de 1 151 000 ton (1 130 160 ton de concreto, 69 760 ton de madera y 51 320 ton de acero). Esta cantidad es elevada, teniendo en cuenta que la República de Fiji tiene una extensión superficial de aproximadamente 18 km<sup>2</sup>, es decir casi tres veces más que la zona delimitada para el estudio de Máncora. Sin embargo, el estudio no estima que la cantidad perdida de SM será también tres veces mayor que el caso de Máncora, sino casi noventa y cuatro veces más. Esto en gran medida debe al hecho de que la República de Fiji es un país insular, lo cual lo hace más vulnerable ante el incremento del nivel del mar.

#### **6.4. EMISIONES GEI (ton CO<sub>2</sub>eq)**

Con la pérdida de viviendas como consecuencia del incremento del nivel del mar, lo más probable es que se realicen nuevas construcciones para suplir las que quedan inhabilitadas. Esto se materializa en la posible demolición de viviendas inhabitables y en la posterior adquisición de materiales de construcción de parte del sector público y privado, lo cual significa mayor contaminación ambiental. Esto se debe a que la

fabricación de materiales de construcción implica una serie de procesos, en los cuales se genera una gran cantidad de residuos y se generan emisiones de GEI, los cuales contaminan el medio ambiente.

Las emisiones de GEI (kg CO<sub>2</sub>eq) se obtienen mediante el uso de factores y los valores de SM. Este cálculo se hace para la producción de ladrillo de techo, ladrillo de pared y cemento. Por un lado, se considera el valor de 0,477 como factor para obtener la emisión debido a la producción los ladrillos de todo tipo, en los cuales el principal material que se calcina es la dolomita (PRODUCE, 2017). Por otro lado, se considera el valor de 0,746 como factor para obtener la emisión debido a la producción del Cemento Portland más ordinario, el cual es el tipo I (Vázquez Rowe et al., 2019).

En la Tabla 15 se muestran las emisiones de GEI obtenidas debido a la producción de ladrillos y cemento considerando solo los materiales perdidos del área inundada. Esto significa que los valores empleados de SM, no presentan el redondeo del factor de reducción a la unidad. Además, en la Figura 15, se puede apreciar cual es el total de emisiones de GEI para cada escenario temporal y como estas cantidades van aumentando a lo largo de los años.

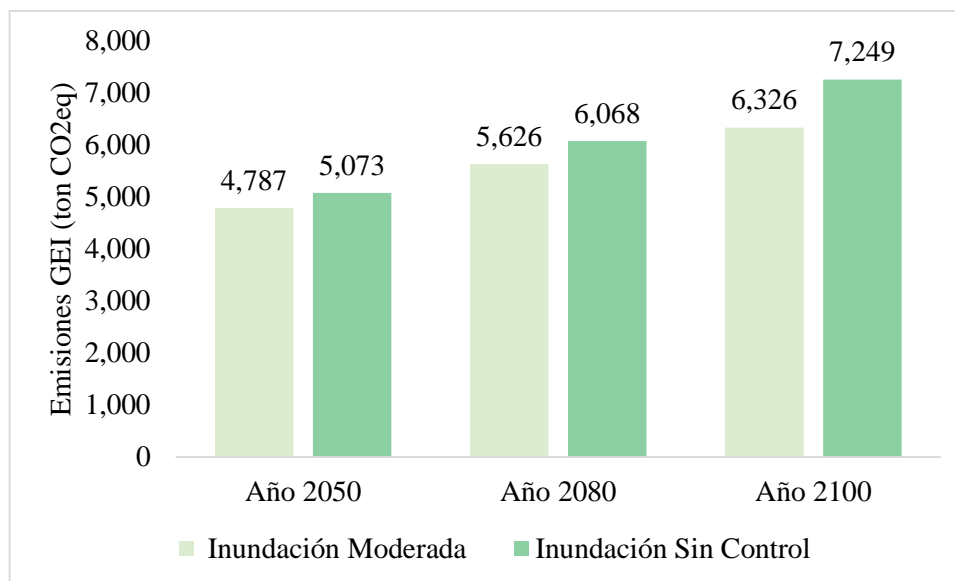
**Tabla 15.**

*Emisiones de GEI (ton CO<sub>2</sub>eq) debido a la producción de distintos materiales de construcción*

<b>Consideración: Solo área inundada de cada manzana</b>			
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>
Año 2050 Moderada	1.71	425	4,360
Año 2080 Moderada	1.71	501	5,122
Año 2100 Moderada	11.14	583	5,733
Año 2050 sin Control	1.71	443	4,629
Año 2080 sin Control	9.24	552	5,507
Año 2100 sin Control	11.22	677	6,561

**Figura 15.**

*Emisiones totales de GEI (ton CO<sub>2</sub>eq) para cada escenario temporal*



En la Tabla 16 se muestran las emisiones de GEI obtenidas debido a la producción de ladrillos y cemento considerando la pérdida total de materiales de manzanas enteras. Esto significa que los valores empleados de SM, presentan el redondeo del factor de reducción a la unidad. Además, en la Figura 16, se puede apreciar cual es el total de emisiones de GEI para cada escenario temporal y como estas cantidades van aumentando a lo largo de los años.

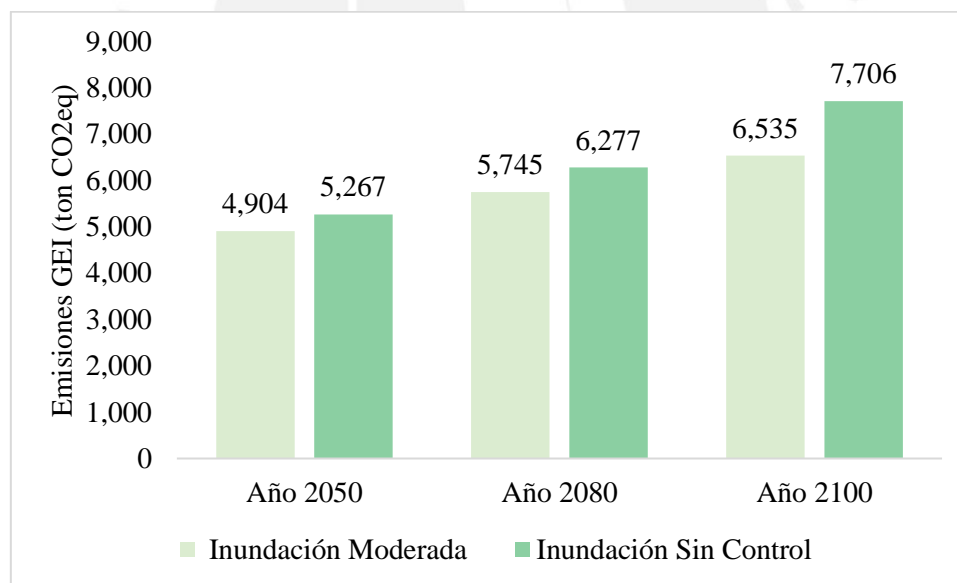
**Tabla 16.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la pérdida de Stock de materiales de construcción considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1*

<b>Consideración: Área total de la manzana (siempre que el área inundada sea mayor al 80%)</b>			
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>
Año 2050 Moderada	1.71	436	4,466
Año 2080 Moderada	1.71	516	5,227
Año 2100 Moderada	11.14	604	5,920
Año 2050 sin Control	1.71	459	4,806
Año 2080 sin Control	9.24	573	5,694
Año 2100 sin Control	11.22	720	6,974

**Figura 16.**

*Emisiones totales de GEI (ton CO<sub>2</sub>eq) para cada escenario temporal*



De acuerdo a la Figura 16, en el escenario más pesimista, es decir inundación sin control en el año 2100 considerando toda la manzana inundada si es que el porcentaje es mayor al 80%, la emisión total de GEI es de 7 706 ton CO<sub>2</sub>eq. Además, para ese mismo escenario, la cantidad de viviendas que se verán afectadas debido a la inundación es de 264 (ver Anexo 4). Esto quiere decir que la reconstrucción de cada

vivienda perdida implica emisiones de GEI de 29,32 ton CO<sub>2</sub>eq. Esta cantidad resulta elevada en comparación con las viviendas tipo INFONAVIT en Sonora, México. Según, el estudio presentado en el Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables, Mantenimiento Industrial, Mecánico e Información Tecnológica, para una vivienda tipo INFONAVIT de aproximadamente 43 m<sup>2</sup>, la cantidad de emisiones de GEI es de casi 7,09 ton CO<sub>2</sub>eq (Acevez-Gutierrez et al., 2019). Sin embargo, no todas las viviendas en Máncora se ajustan a las características de una vivienda tipo INFONAVIT, por lo cual es necesario considerar también viviendas de mayor volumen y mejores condiciones. En tal sentido, un estudio realizado en Puebla, México, muestra que la huella de carbono debido a la producción de materiales para la construcción de una vivienda de dos niveles y aproximadamente 228 m<sup>2</sup> fue de 121,39 ton CO<sub>2</sub>eq (Martínez Sánchez, 2019). Esta cantidad es cuatro veces mayor que la que se estimó para una vivienda de Máncora, lo cual se debe fundamentalmente a que no se consideraron todos los materiales empleados. De modo que, si se consideraran todos, las emisiones de GEI aumentarían notablemente, acercándose al resultado del estudio de Puebla.

## **6.5. PÉRDIDA MONETARIA**

La posible demolición de viviendas inhabitables y la posterior adquisición de materiales de construcción para el levantamiento de nuevas viviendas genera contaminación. Además, esto se traduce en una gran inversión que requerirá capital financiero y voluntad política (Mcgranahan et al., 2007). A continuación, se muestran las pérdidas monetarias obtenidas debido a la adquisición de materiales de construcción considerando la pérdida total de materiales de manzanas enteras, si es que el nivel de inundación de la manzana es muy elevado (ver Tabla 17).

**Tabla 17.**

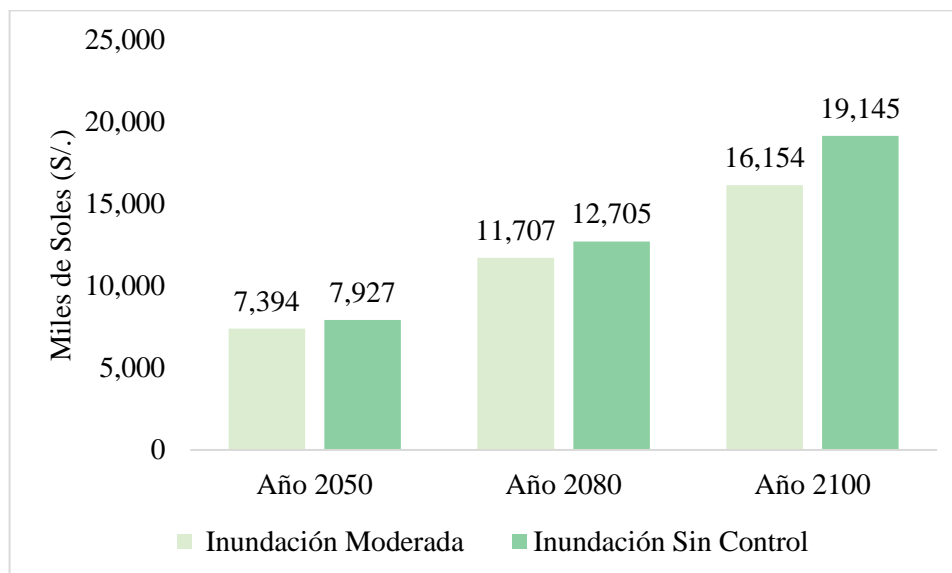
*Pérdida monetaria del stock de materiales de construcción ante los distintos escenarios de inundación considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1*

<b>Pérdida Monetaria de Stock de Materiales de Construcción (Miles de S/.)</b>					<b>Total (Miles de S/.)</b>
<b>Escenario</b>	<b>Ladrillo de techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento</b>	
Año 2050 Inundación Moderada	1.40	842	375	4,260	5,478
Año 2080 Inundación Moderada	1.40	994	443	4,986	6,425
Año 2100 Inundación Moderada	9.17	1,084	519	5,646	7,258
Año 2050 Inundación sin Control	1.40	892	395	4,584	5,873
Año 2080 Inundación sin Control	7.61	1,041	493	5,431	6,972
Año 2100 Inundación sin Control	9.23	1,322	619	6,652	8,602

Al igual que para los resultados de la Tabla 14, se usa la Ecuación 7 y una tasa de inflación del 1% (BCRP, 2016), para calcular una pérdida monetaria más cercana a la del año de estudio correspondiente. Los valores obtenidos se muestran en la Figura 17.

**Figura 17.**

*Pérdida monetaria del stock de materiales de construcción ante los distintos escenarios de inundación considerando factores de reducción mayores o iguales a 0.8 redondeados a 1 y una tasa de inflación de 1% recomendada por el BCR*



Por un lado, las mayores pérdidas monetarias debido a la pérdida de material de stock se producen en los escenarios de inundación sin control; mientras que las menores pérdidas, en los escenarios de inundación moderada. De acuerdo a los resultados presentados en la Figura 17 (considerando la tasa de inflación), se observa que en el peor de los escenarios (Año 2100 con incremento del nivel del mar sin control) la pérdida monetaria es de S/. 15 524 988. Sin embargo, si no se considera esta tasa, la pérdida monetaria es solo de S/. 6 975 827, lo cual se puede observar en la Tabla 17. Por ello, resulta importante tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, ya que la diferencia entre estos montos es considerable. Esta pérdida monetaria es un monto bastante elevado si se tiene en cuenta que el presupuesto dispuesto en el año 2020 para la Municipalidad de Máncora es de solo S/. 5 530 000 para gastos de capital, según la resolución de la alcaldía N°318 - 2019 - MDM/ALC. Sin embargo, el



incremento del nivel del mar no se da de forma repentina, sino paulatinamente, de modo que en teoría la pérdida monetaria se reparte a lo largo de los años. Por otro lado, tal como se mencionó anteriormente, muchos hoteles se verán afectados (entre 34% y 52% del total, de acuerdo a los escenarios de inundación), lo cual significa que la actividad turística de la zona se verá muy afectada y que muchos ciudadanos locales perderán sus empleos.

Es importante resaltar que la pérdida monetaria mostrada no considera el desplazamiento de la población ni la pérdida de tierras, por lo que el costo económico generado por los daños del incremento del nivel del mar será mayor. Además, se debe tener en cuenta que esta pérdida solo corresponde al distrito de Máncora, por lo que no representan un gasto tan significativo para el país. Sin embargo, el incremento del nivel del mar también afectará al resto de las zonas costeras de baja elevación del Perú, generando mayores pérdidas monetarias que podrían impactar enormemente en la economía peruana. Tal es el caso de Chile que, en ausencia de protección costera, los daños causados por un incremento de 0.5 m del nivel del mar en el año 2100, tendrían un costo de aproximadamente 2 billones de dólares americanos (Anthoff et al., 2010).

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

El incremento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático tendrá un impacto negativo en el Balneario de Máncora. Esto se verá reflejado en la pérdida de áreas debido a la inundación, la población afectada, las pérdidas de Stock de Materiales, las emisiones de GEI (ton CO<sub>2</sub>eq) debido a la producción de nuevos materiales de construcción y la pérdida monetaria. Para cada uno de los escenarios analizados (inundación moderada y sin control para los años 2050, 2080 y 2100), se pudo comprobar como las pérdidas van en aumento a lo largo de los años. Además, no solo se consideraron escenarios en los cuales se estiman pérdidas para las áreas inundadas, sino también las áreas que no están inundadas pero que de todos modos se ven afectadas como daño colateral. De este modo, se pudo obtener los resultados para dos perspectivas distintas, de las cuales las mayores pérdidas en los aspectos social, económico y ambiental se obtuvieron considerando adicionalmente el daño provocado indirectamente en las viviendas que no estaban inundadas. Sin embargo, en ambas perspectivas se comprobó que, en los escenarios de inundación sin control, el impacto negativo fue mayor que en los escenarios de inundación moderada. Los resultados para el escenario más pesimista de este estudio (inundación sin control para el año 2100) muestran que alrededor del 23% de la población se verá afectada. Además, se estima una merma de área del 23,4% del casco urbano, la cual provocará una pérdida de SM de 12 057 ton (23,5 ton de ladrillo de techo, 1175 ton de tejas, 1 509 ton de ladrillos de pared y 9 349 ton de cemento). Por un lado, esto se traduce en la adquisición de nuevos materiales de construcción, cuya producción genera emisiones

de GEI que se estiman en 7 706 ton CO<sub>2</sub>eq. Por otro lado, la pérdida de SM constituye una inversión monetaria de S/. 15 524 988.

Los resultados obtenidos ponen en manifiesto la necesidad de proteger el Balneario de Máncora con el fin de evitar efectos negativos debido al incremento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático. Para ello, sería recomendable evaluar alternativas que permitan proteger, recuperar y estabilizar la playa: rompeolas, espigones, rellenos artificiales, entre otros. En tal sentido, resulta importante que las autoridades correspondientes tomen las medidas necesarias, de modo que se minimicen las pérdidas que se puedan producir en años futuros. De esta manera, se podrá garantizar el bienestar de la población actual y de sus generaciones futuras, así como la protección de sus recursos.

Finalmente, es importante mencionar que, para el desarrollo de este estudio, el uso de herramientas de geoprocésamiento fue fundamental, puesto que la información obtenida del Censo de Población y Vivienda elaborado por el INEI, se trabajó mediante el uso de capas. Estas se implementaron a un SIG correspondiente al balneario de Máncora. De este modo, se pudo realizar las operaciones vectoriales necesarias para la obtención de resultados mediante el software *Qgis*. Mediante dichas operaciones se pudo obtener el área de las manzanas con las que se trabajó, así como los factores de reducción correspondientes a las dos perspectivas.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

Por un lado, este estudio se realizó utilizando como punto de partida los modelos de inundación proporcionados por *Climate Central*. A partir de esta información, se pudo elaborar las capas de inundación para cada uno de los escenarios de inundación requeridos. Sin embargo, estas se basan en el modelo de uso gratuito de *Sea Level Rise*, el cual es de baja resolución. En tal sentido, es recomendable considerar los

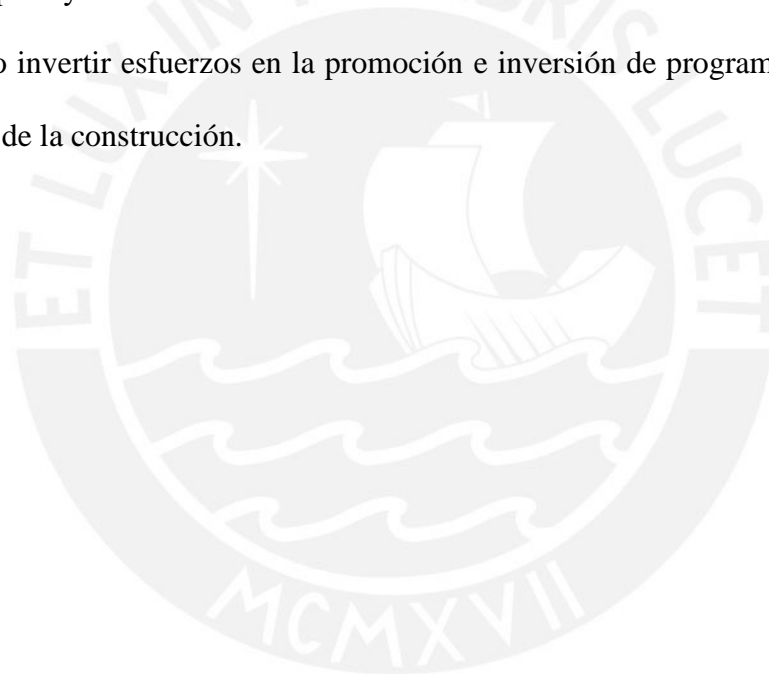
resultados obtenidos como referenciales, mas no como una estimación real. Por lo tanto, se sugiere obtener resultados propios a partir de los modelos de inundación originales de pago proporcionados por *Climate Central* para que la delimitación del área afectada sea más precisa.

Por otro lado, este estudio presenta algunas limitaciones temporales: falta de proyección de población, vivienda y precios de los materiales de construcción para los escenarios futuros requeridos. Por ello, en caso de las pérdidas monetarias se tuvo que considerar la inflación; mientras que los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2017 se asumieron como invariables en el tiempo. En tal sentido, se recomienda trabajar con la información más actual de la cual se dispone o de ser posible realizar las proyecciones pertinentes. Es decir, proyectar la población censal potencialmente afectable, así como el número de viviendas y los precios de los materiales de construcción para cada uno de los escenarios futuros. De este modo, se puede garantizar que los resultados obtenidos sean más verídicos.

Adicionalmente, se recomienda obtener mayor información acerca de los materiales de construcción predominantes en los hoteles a nivel de manzanas, ya que esta información no es proporcionada por el INEI. Así, se puede determinar de manera más precisa la pérdida de stock de materiales. Además, es recomendable obtener los planos de algunas edificaciones, así como el plano catastral de la zona de estudio para caracterizar apropiadamente las edificaciones típicas de cada manzana.

Finalmente, sería importante replicar este estudio en otras zonas costeras del país que sean de particular interés con las recomendaciones mencionadas previamente, de tal modo que se pueda construir una base de datos de acuerdo a las estimaciones del impacto del incremento del nivel del mar. Esto, con el fin de adoptar políticas públicas de gestión territorial para mitigar los daños futuros y proponer planes de

largo plazo para reformular los usos territoriales de acuerdo a la exposición al peligro de pérdida territorial por el avance de la línea costera como consecuencia del cambio climático. Además, se recomienda reducir la emisión de carbono del país como respuesta antes los daños esperados, por lo que se deben impulsar políticas nacionales para que el Perú llegue a ser un país carbono neutral en el año 2050. Si bien es cierto, actualmente existen iniciativas impulsados por el Ministerio del Ambiente (s.f.) como la “Reducción de las Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación de los bosques en países en desarrollo” (REDD) y la “Conservación, gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono” (REDD+), es necesario invertir esfuerzos en la promoción e inversión de programas como estos en el sector de la construcción.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceros Arequipa. (s.f.). *Conoce los tipos de ladrillo usados en la construcción.*

<http://www.construyendoseguro.com/conoce-los-tipos-de-ladrillos-usados-en-la-construccion/>

Acevez Gutierrez, H., López Chavez, O., Mercado Ibarra, S. M., & Contreras-Quintanar, A. (2019). *Emisiones de GEI en kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> generados por una vivienda tipo INFONAVIT.* 15. CIER 235.

Anthoff, D., Nicholls, R.J. & Tol, R.S.J. (2010). The economic impact of substantial sea-level rise. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 15, 321–335  
<https://doi.org/10.1007/s11027-010-9220-7>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Autoridad Nacional del Agua presenta propuesta para delimitar faja marginal del humedal de Máncora.*  
<https://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-presenta-propuesta-para-delimitar-faja-marginal-del-humedal-de>

Azevedo de Almeida, B., & Mostafavi, A. (2016). *Resilience of Infrastructure Systems to Sea-Level Rise in Coastal Areas: Impacts, Adaptation Measures, and Implementation Challenges.* *Sustainability*, 8(11), 1115. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/su8111115>

Banco Central de Reserva del Perú. (2016). *Reporte de inflación.*  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2016/marzo/ri-marzo-2016-recuadro-7.pdf>

Banco Central de Reserva del Perú. (s. f.). *Glosario BCRP.*  
<https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/glosario/i.html>

- Barboza Lizano, O. (2013). *Calentamiento global: "La máxima expresión de la civilización petrofósil"*. 16, 35-68.
- Brooks, N., Nicholls, R. N., Haii, J., & Haii, J. (2006). *Sea Level Rise: Coastal Impacts and Responses*. [https://www.researchgate.net/publication/313156417\\_Sea-level\\_rise\\_coastal\\_impacts\\_and\\_responses](https://www.researchgate.net/publication/313156417_Sea-level_rise_coastal_impacts_and_responses)
- Caetano, E., Innocentini, V., Magaña, V., Martins, S., & Mendez, B. (2010). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Cambio Climático y el Aumento del Nivel del Mar*. <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas-Marinos/4.pdf#page=301>
- Cazenave, A., & Llovel, W. (2010). *Contemporary Sea Level Rise. Annual Review of Marine Science*, 2(1), 145-173. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081105>
- Cecchini, S. (2005). *Indicadores sociales en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, CEPAL. División de Estadísticas y Proyecciones Económicas.
- Centeno, P. E. M., Salazar, R. A. R., Urrego, Y. F. S., Jaramillo, N. A. Á., & Arjona, S. D. (2014). *Caracterización física y mecánica de agregados reciclados obtenidos a partir de escombros de la construcción*. Informador técnico, 121-127.
- Church, J. A., Godfrey, J. S., Jackett, D. R., & McDougall, T. J. (1991). *A Model of Sea Level Rise Caused by Ocean Thermal Expansion. Journal of Climate*, 4(4), 438-456. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1991\)004<0438:AMOSLR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1991)004<0438:AMOSLR>2.0.CO;2)
- Church, J. A., White, N. J., Konikow, L. F., Domingues, C. M., Cogley, J. G., Rignot, E., Gregory, J. M., Van den Broeke, M. R., Monaghan, A. J., Velicogna, I. (2011). *Revisiting the Earth's sea-level and energy budgets from 1961 to 2008*. <https://doi.org/10.1029/2011GL048794>

Climate Central. (14 de Mayo de 2020). *Coastal Risk Screening Tool: Map By Year* [Mapa].

*Sea level rise analysis by Climate Central.* [https://coastal.climatecentral.org/map/12/-73.9605/40.7101/?theme=sea\\_level\\_rise&map\\_type=year&elevation\\_model=best\\_available&forecast\\_year=2050&pathway=rcp45&percentile=p50&return\\_level=return\\_level\\_1&slr\\_model=kopp\\_2014](https://coastal.climatecentral.org/map/12/-73.9605/40.7101/?theme=sea_level_rise&map_type=year&elevation_model=best_available&forecast_year=2050&pathway=rcp45&percentile=p50&return_level=return_level_1&slr_model=kopp_2014)

Comision Economica para America Latina y el Caribe. (2005). *Espacios publicos urbanos, pobreza y construcción social.*

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5660/1/S0501090\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5660/1/S0501090_es.pdf)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: Una reseña.*

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/1/S2009028\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/1/S2009028_es.pdf)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012). *La sostenibilidad del desarrollo a 20 años de la Cumbre para la Tierra: avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe.*

[https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/1426/S1100456\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/1426/S1100456_es.pdf)

Consejo Nacional del Ambiente. (2001). *Primera Comunicación Nacional de Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.*

Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D., & Yan, J. (2007). *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis.*

Ley N°30754. (2018). *Ley Marco Sobre el Cambio Climático.*

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1/>

Dugan, P. J. (1992). *Conservación de humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias.* IUCN.



- El-Raey, M., Fouda, Y., & Nasr, S. (1997). *GIS assessment of the vulnerability of the Rosetta area, Egypt to impacts of sea rise. Environmental Monitoring and Assessment*, 47(1), 59-77. <https://doi.org/10.1023/A:1005738302640>
- Garmendía Salvador, A. (2010). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson-Prentice Hall.
- Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, (2012). *Estudio De Diagnóstico y Zonificación De La Provincia Talara*. Lima, pp.7, 50, 53, 54. <http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/Talara.pdf>
- Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. (2012). *Mapa de zonificación ecológica económica del departamento de Piura* [Temático]. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-zonificacion-ecologica-economica-departamento-piura>
- Golledge, N. R., Keller, E. D., Gomez, N., Naughten, K. A., Bernales, J., Trusel, L. D., & Edwards, T. L. (2019). *Global environmental consequences of twenty-first-century ice-sheet melt. Nature*, 566(7742), 65-72. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0889-9>
- Google Earth (N° de version 7.3.3.7786). (2020). Windows/Linux/Mac. Estados Unidos: Google LLC.
- Graham, S., Barnett, J., Fincher, R., Hurlimann, A., Mortreux, C., & Waters, E. (2013). *The social values at risk from sea-level rise. Environmental Impact Assessment Review*, 41, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.02.002>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). *Calentamiento global de 1,5°C*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Hauer, M., Evans, J. & Mishra, D. (2016). *Millions projected to be at risk from sea-level rise in the continental United States. Nature Clim Change* 6, 691–695. <https://doi.org/10.1038/nclimate2961>

- Houghton, J. (2009). *Global Warming: The Complete Briefing*. Cambridge University Press.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar-ENDES*, pp. 69. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Compendio Estadístico Piura*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (5 de agosto de 2020). *Material de viviendas por manzana [Archivo Excel]*. REDATAM. <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN: 978-92-9169-143-2 (p. 151). IPCC. https://epic.awi.de/id/eprint/37530/*
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. https://www.ipcc.ch/srocc/*
- Kokot, R., Codignotto, J., & Elissondo, M. (2004). *Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Rio Negro*. 59, 477-487.
- Kopp, R.E., Horton, R.M., Little, C.M., Mitrovica, J.X., Oppenheimer, M., Rasmussen, D.J., Strauss, B.H. and Tebaldi, C. (2014). *Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. Earth's Future, 2: 383-406. https://doi.org/10.1002/2014EF000239*
- Labarthe Osore, T. (2014). *Comunicación, desarrollo y medio ambiente: El caso del humedal del centro veraniego del distrito de Máncora. [Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5493*
- Lombard, A., Cazenave, A., Le Traon, P.-Y., & Ishii, M. (2005). *Contribution of thermal expansion to present-day sea-level change revisited. Global and Planetary Change, 47(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.11.016*

- Mach, K. J., Planton, S., & von Stechow, C. (2014). *IPCC,2014: Anexo II: Glosario*. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Maldonado, & Rodolfo. (2009). *Determinación del impacto erosivo en el litoral por la construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena, desarrollando un estudio de erosión* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/653>
- Martínez Sánchez, J. E. (2019). *Cálculo de huella de carbono de una vivienda y propuesta para reducir emisiones de GEI durante su construcción. Estudio caso en Puebla* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/4704>
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). *The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. General Music Today*, 19(1), 32–34. <https://doi.org/10.1177/10483713070200030108>
- Merschroth, S., Miatto, A., Weyand, S., Tanikawa, H., & Schebek, L. (2020). *Lost Material Stock in Buildings due to Sea Level Rise from Global Warming: The Case of Fiji Islands. Sustainability*, 12(3), 834. <https://doi.org/10.3390/su12030834>
- Mesta, C., Kahhat, R., & Santa-Cruz, S. (2019). *Geospatial Characterization of Material Stock in the Residential Sector of a Latin-American City. Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 280-291. <https://doi.org/10.1111/jiec.12723>
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Diagnóstico Ambiental del Perú*. (p. 69) [Text]. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-ambiental-peru>

- Ministerio del Ambiente. (2014). *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático*.  
[https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Estrategia-Nacional-ante-el-Cambio-Climatico\\_ENCC.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Estrategia-Nacional-ante-el-Cambio-Climatico_ENCC.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012-2013*.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-nacional-estado-ambiente-2012-2013>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú*.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva (Sistema Nacional de Información Ambiental)*.
- Ministerio del Ambiente (s.f.). *Iniciativas para reducir las emisiones de carbono*.  
<https://www.minam.gob.pe/programa-bosques/iniciativas-para-reducir-las-emisiones-de-carbono/>
- Ministerio de Economía y Hacienda de España. (2007). *Indicadores de gestión en el ámbito del sector público*. Madrid.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica A0.20 Viviendas*.
- Mimura, N. and Harasawa H. (2000). *Data Book of Sea-level Rise. Center for Global Environmental Research Environment Agency of Japan* (p.128).
- Municipalidad Distrital de Máncora. (2020). *Resolución de Alcaldía N° 318 - 2019 - MDM/ALC*.  
[https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016\\_2021/Consejo\\_Directivo/Documentos\\_Otras\\_Instituciones/OFICIO-002-2020-MDM-ALC.pdf](https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Consejo_Directivo/Documentos_Otras_Instituciones/OFICIO-002-2020-MDM-ALC.pdf)
- Municipalidad Distrital de Máncora. (2020). *Ubicación y Límites*. Municipalidad Distrital de Máncora. <http://www.munimancora.gob.pe/index.php/mancora/ubicacion-y-limites>

Municipalidad Provincial de Talara. (2013). *Plan de Desarrollo Municipal Provincial Concertado* 2012-2021.

<https://www.regionpiura.gob.pe/documentos/ceplar/plantalarara.pdf>

Naciones Unidas, (2005). *Indicadores Sociales En América Latina Y El Caribe. Estudios estadísticos y prospectivos*. [online] Santiago de Chile, pp.9, 10.

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4735/S05707\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4735/S05707_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

NASA. (2020). *The Causes of Climate Change*. Climate Change: Vital Signs of the Planet. <https://climate.nasa.gov/causes>

Neumann B, Vafeidis AT, Zimmermann J, Nicholls RJ. (2015). *Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment*. PLoS ONE 10(3): e0118571. doi:10.1371/journal.pone.0118571

Nicholls, R., et al. (2008). *Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates*. OECD Environment Working Papers, No. 1, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/011766488208>.

Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). *Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones*. *Science*, 328(5985), 1517-1520. <https://doi.org/10.1126/science.1185782>

Nieto, Nubia. (2011). *La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas*. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&tlng=es)

Organización Meteorológica Mundial. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., Cai, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R. m., Ghosh, T., Hay, J., Isla, F., Marzeion,

B., Meyssignac, B., & Sebesvari, Z. (2019). *Chapter 4: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. In: *IPPC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.  
<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-4-sea-level-rise-and-implications-for-low-lying-islands-coasts-and-communities/>

Organización de las Naciones Unidas. (1999). *Integrated and coordinated implementation and follow-up of major. United Nations conferences and summits*. Nueva York, Estados Unidos de América, 10 y 11 de mayo de 1999, p. 18.  
[www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11](http://www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11)

Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Las personas y los océanos*.  
<http://www.onu.org.mx/las-personas-y-los-oceanos/>

Pasos. (2017). *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*. 15(4).  
<http://www.pasosonline.org/Publicados/15417/PASOS54.pdf#page=107>

PIRÁMIDE. (2017). *Ficha Técnica de tejas andinas*.  
[https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha\\_tecnica/ficha\\_te%CC%81nica\\_teja\\_colonial\\_actualizado\\_01.03.pdf](https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha_tecnica/ficha_te%CC%81nica_teja_colonial_actualizado_01.03.pdf)

PIRÁMIDE. (2017). *Ficha Técnica ladrillo hueco liso 15*.  
[https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha\\_tecnica/ficha\\_te%CC%81nica\\_hueco\\_15\\_liso\\_actualizado\\_01.03.pdf](https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha_tecnica/ficha_te%CC%81nica_hueco_15_liso_actualizado_01.03.pdf)

PIRÁMIDE. (2017). *Ficha Técnica ladrillo king Kong 18*.  
[https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha\\_tecnica/ficha\\_te%CC%81nica\\_king\\_kong\\_18\\_actualizado\\_01.03.pdf](https://www.ladrillospiramide.com/media/uploads/ficha_tecnica/ficha_te%CC%81nica_king_kong_18_actualizado_01.03.pdf)

PRODUCE. (2017). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Procesos Industriales y Uso de Productos del año 2014*. Categorías: Industria de los minerales, Industria química e Industria de los metales.

- Qgis (N° de versión 3.10.9). (2020). Windows/Linux/Mac. Estados Unidos: Qgis Development Team.
- Rowley, R., Kostelnick, J., Brateen, D., Li, X., Meisel, J. (2007). *Risk of rising sea level to population and land area*.  
<https://doi.org/10.1029/2007EO090001>
- Santos, J. L. Q. (2004). *Los impactos económicos, socioculturales y medioambientales del turismo y sus vínculos con el turismo sostenible*. *Anales del Museo de América*, 12, 263-274.
- Scott A. Kulp, Benjamin H. Strauss. (2018). *CoastalDEM: A global coastal digital elevation model improved from SRTM using a neural network*. *Remote Sensing of Environment*, Volume 206, Pages 231-239. ISSN 0034-4257,  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.026>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020).  
<https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0003>
- Shah, T., Burke, J. y Villholth, K.G. (2007). *Groundwater: A Global Assessment of Scale and Significance*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/36890>
- Sistema de Información Geográfica del Ministerio del Ambiente. (2017). *Ecorregiones del Perú [Geográfico]*.
- Sistema Nacional de Información Ambiental (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú [Temático]*. MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Snoussi, M., Niazi, S., Khouakhi, A., & Raji, O. (2010). *Climate change and sea-level rise: A GIS based vulnerability and impact assesement, the case of the Moroccan coast*. Chapter 12.

- Titus, J. G. (1988). *Greenhouse Effect, Sea Level Rise, and Coastal Wetlands: Sea level rise and wetland loss: an overview*.  
<https://books.google.com.pe/books?id=Tz8BngEACAAJ&dq=greenhouse+effect,+sea+level+rise+and+coastal+wetlands&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjM-uni3sjwAhUgIrkGHShXBnAQ6AEwAXoECAQQAg>
- U.S. Army Corps of Engineers. (2002). *Coastal Engineering Manual*. Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (en 6 volumes).
- Union Andina de Cementos. (s.f.). Cemento Sol/Portland Tipo I.  
<https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/CEMENTO-SOL1.pdf>
- United States Geological Survey. (s. f.). *Saltwater Intrusion*. [https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/saltwater-intrusion?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/saltwater-intrusion?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- Vazquez, I., Ziegler, K., Kahat, R., Quispe, I., Jara, L., Aldaco, R. (2019). *Production of cement in Peru: Understanding carbon-related environmental impacts and their policy implications*. *Resources, Conservation & Recycling* 143 (283-292).  
<https://www.journals.elsevier.com/resources-conservation-and-recycling>
- Villanueva Arreluce, D. (2017). *Geomorfología, dinámicas y vulnerabilidad costera: Identificación de la vulnerabilidad costera en los balnearios de Máncora, Los Órganos y Punta Sal* [Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10022>
- Warrick, R., Oerlemans, J., Drewery, D. J., Gornitz, V., Grove, J. M., Haerberli, W., Higashi, A., Leiva, J. C., Lingle, C. S., Lorus, C., Raper, S. C. B., Wold, B., Woodworth, P., Beaumont, P., & Braithwaite, R. (1990). *Sea Level Rise*. *IPPC Report*. 25.
- World Bank Group. (2018). *Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration*.



## 9. ANEXOS

### ANEXO A. INFORMACIÓN OBTENIDA DEL CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2017

**Tabla A1.**

*Número de viviendas según los materiales de construcción empleados a nivel de manzanas*

Número de manzana	Número de viviendas								
	Techo			Pared			Piso		
	Material noble	Tejas	Material Precario	Material noble	Adobe	Material precario	Cemento	Tierra	Parqué
1	4	32	3	19	0	17	20	15	4
2	0	8	0	4	0	4	9	0	0
3	5	20	1	21	0	5	18	3	5
4	0	10	0	7	1	1	6	3	1
5	5	24	0	20	4	5	20	2	7
6	2	9	2	3	0	9	2	10	1
7	2	10	0	7	0	5	10	0	2
8	0	18	0	8	0	10	12	6	0
9	0	7	1	0	0	6	6	2	0
10	1	12	7	6	0	12	12	7	1
11	0	10	1	1	0	10	3	8	0
12	0	5	5	4	6	0	2	1	7
13	0	15	0	2	0	10	9	6	0
14	1	8	0	7	1	0	6	3	0
15	1	27	1	14	1	14	20	8	1
16	4	4	0	5	0	3	3	4	2
17	6	23	3	23	0	8	25	2	5
18	4	9	5	6	1	10	7	6	4
19	2	8	1	7	0	3	6	4	1
20	2	5	1	5	0	2	7	1	0
21	1	8	0	5	0	3	3	6	0
22	7	5	0	11	0	1	8	1	3
23	0	14	1	7	0	7	10	5	0
24	6	14	0	15	1	4	12	5	3
25	4	10	1	14	0	1	8	2	5
26	10	9	2	19	0	2	14	0	7

27	6	14	0	17	2	1	16	2	2
28	0	8	0	8	0	0	6	0	2
29	2	15	0	10	0	7	13	2	2
30	0	16	0	13	0	2	10	4	2
31	2	17	0	18	0	1	17	1	1
32	1	20	0	14	0	6	16	5	0

*Nota: Datos obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú*



**ANEXO B. PÉRDIDA DEL STOCK DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE MANZANAS ANTE LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE INUNDACIÓN**

**Tabla B1.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2050*

<b>Año 2050 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	108,88	130,10	884,69
2	-	7,28	8,49	106,52
3	-	96,20	228,12	1 125,52
4	-	1,53	3,21	11,96
5	-	6,13	12,08	66,40
6	-	129,57	-	-
7	-	34,71	60,18	451,29
8	-	17,01	18,28	147,45
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,08	-	79,02
11	-	22,80	-	-
12	-	10,87	-	-
13	-	8,04	-	62,72
15	-	15,60	17,35	150,26
17	-	1,14	2,57	16,15
18	-	39,87	-	403,09
20	-	12,63	34,19	229,78
21	-	8,81	14,93	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	44,39	61,36	412,24
24	-	43,25	119,35	481,95
25	-	13,50	31,42	140,40
29	-	41,98	76,77	472,99
30	-	27,13	56,88	220,43
31	-	1,76	4,30	22,86

**Tabla B2.***Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2080*

<b>Año 2080 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	136,55	163,16	1 109,50
2	-	23,71	27,65	346,74
3	-	96,20	228,12	1 125,52
4	-	1,61	3,37	12,55
5	-	4,21	8,30	45,66
6	-	169,90	-	-
7	-	34,71	60,18	451,29
8	-	17,01	18,28	147,45
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,51	-	71,67
11	-	22,80	-	-
12	-	10,87	-	-
13	-	8,16	-	63,62
15	-	13,79	15,34	132,80
17	-	1,38	3,10	19,48
18	-	45,42	-	459,28
20	-	12,85	34,81	233,94
21	-	9,66	16,39	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	45,01	62,21	418,00
24	-	47,66	131,51	531,07
25	-	36,48	84,92	379,40
29	-	49,48	90,49	557,51
30	-	27,13	56,88	220,43
31	-	13,94	34,09	181,21
32	-	0,70	1,06	7,27

**Tabla B3.***Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2100*

<b>Año 2100 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	161,67	193,18	1 313,57
2	-	22,23	25,93	325,15
3	-	97,23	230,57	1 137,58
4	-	1,79	3,74	13,94
5	-	5,67	11,18	61,47
6	-	182,02	-	-
7	-	36,04	62,49	468,57
8	-	20,01	21,50	173,38
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,76	-	74,91
11	-	22,99	-	-
12	-	10,86	-	-
13	-	8,21	-	64,08
14	-	4,48	13,68	43,68
15	-	15,42	17,15	148,52
17	-	1,03	2,31	14,52
18	-	49,05	-	495,91
20	-	12,85	34,81	233,93
21	-	9,66	16,38	47,09
22	3,57	-	10,55	-
23	-	44,45	61,43	412,72
24	-	46,98	129,64	523,50
25	-	50,12	116,65	521,21
26	19,76	-	68,33	245,95
27	-	5,80	18,26	86,21
29	-	49,51	90,54	557,84
30	-	27,39	57,42	222,55
31	-	13,75	33,63	178,72
32	-	0,85	1,29	8,89

**Tabla B4.***Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2050*

<b>Año 2050 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	108,88	130,10	884,69
2	-	23,32	27,20	341,11
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	2,32	4,85	18,08
5	-	6,40	12,60	69,31
6	-	138,19	-	-
7	-	36,09	62,56	469,13
8	-	19,99	21,48	173,25
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,62	-	86,08
11	-	22,97	-	-
12	-	10,89	-	-
13	-	9,59	-	74,83
14	-	1,73	5,29	16,88
15	-	17,54	19,51	168,92
17	-	1,14	2,57	16,15
18	-	40,44	0,00	408,91
20	-	12,63	34,19	229,78
21	-	8,81	14,93	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	44,39	61,36	412,24
24	-	43,25	119,35	481,95
25	-	13,50	31,42	140,40
29	-	41,98	76,77	472,99
30	-	27,22	57,07	221,20
31	-	1,76	4,30	22,86

**Tabla B5.***Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2080*

<b>Año 2080 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	155,14	185,37	1 260,51
2	-	22,14	25,81	323,74
3	-	97,22	230,54	1 137,47
4	-	1,74	3,65	13,59
5	-	5,64	11,11	61,10
6	-	169,15	-	-
7	-	35,94	62,31	467,24
8	-	19,96	21,45	173,02
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,24	-	81,16
11	-	22,99	-	-
12	-	10,89	-	-
13	-	9,43	-	73,54
14	-	5,44	16,62	53,07
15	-	15,46	17,19	148,84
17	-	1,10	2,48	15,54
18	-	47,73	-	482,61
20	-	12,53	33,93	228,01
21	-	8,82	14,95	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	44,65	61,70	414,57
24	-	47,11	129,98	524,89
25	-	35,50	82,63	369,19
26	15,79	-	54,58	196,45
27	-	4,06	12,79	60,38
29	-	49,36	90,27	556,17
30	-	25,38	53,20	206,19
31	-	14,13	34,55	183,65
32	-	0,23	0,35	2,37

**Tabla B6.***Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2100*

<b>Año 2100 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	180,96	216,22	1470,30
2	-	28,98	33,80	423,89
3	-	97,24	230,59	1137,71
4	-	3,69	7,72	28,80
5	-	5,63	11,09	61,00
6	-	215,29	-	-
7	-	35,95	62,32	467,29
8	-	20,26	21,77	175,58
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,72	-	74,38
11	-	22,98	-	-
12	-	10,85	-	-
13	-	8,12	-	63,36
14	-	4,42	13,49	43,06
15	-	15,30	17,01	147,29
16	-	2,71	8,31	-
17	-	1,15	2,59	16,24
18	-	55,28	-	558,94
19	-	1,76	4,88	17,17
20	-	16,26	44,05	296,00
21	-	8,79	14,91	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	44,42	61,39	412,46
24	-	46,94	129,53	523,08
25	-	47,55	110,69	494,57
26	19,92	-	68,89	247,94
27	-	5,04	15,87	74,94
28	-	13,12	31,50	127,93
29	-	49,39	90,33	556,50
30	-	39,47	82,76	320,73
31	-	44,20	108,12	574,66
32	-	13,59	20,57	141,29



**ANEXO C. PÉRDIDA DE STOCK DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE MANZANAS, CONSIDERANDO LOS FACTORES DE REDUCCIÓN REDONDEADOS**

**Tabla C1.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2050, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2050 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	108,88	130,10	884,69
2	-	7,28	8,49	106,52
3	-	97,41	231,00	1139,73
4	-	1,53	3,21	11,96
5	-	6,13	12,08	66,40
6	-	129,57	-	-
7	-	34,71	60,18	451,29
8	-	17,01	18,28	147,45
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,08	-	79,02
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	8,04	-	62,72
15	-	15,60	17,35	150,26
17	-	1,14	2,57	16,15
18	-	39,87	-	403,09
20	-	12,63	34,19	229,78
21	-	8,81	14,93	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	43,25	119,35	481,95
25	-	13,50	31,42	140,40
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	27,13	56,88	220,43
31	-	1,76	4,30	22,86

**Tabla C2.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2080, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2080 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	136,55	163,16	1 109,50
2	-	23,71	27,65	346,74
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	1,61	3,37	12,55
5	-	4,21	8,30	45,66
6	-	169,90	-	-
7	-	34,71	60,18	451,29
8	-	17,01	18,28	147,45
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,51	-	71,67
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	8,16	-	63,62
15	-	13,79	15,34	132,80
17	-	1,38	3,10	19,48
18	-	45,42	-	459,28
20	-	12,85	34,81	233,94
21	-	9,66	16,39	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	55,58	153,38	619,36
25	-	36,48	84,92	379,40
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	27,13	56,88	220,43
31	-	13,94	34,09	181,21
32	-	0,70	1,06	7,27

**Tabla C3.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación moderada en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2100 - Inundación moderada</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	161,67	193,18	1 313,57
2	-	22,23	25,93	325,15
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	1,79	3,74	13,94
5	-	5,67	11,18	61,47
6	-	182,02	-	-
7	-	44,55	77,24	579,21
8	-	20,01	21,50	173,38
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,76	-	74,91
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	8,21	-	64,08
14	-	4,48	13,68	43,68
15	-	15,42	17,15	148,52
17	-	1,03	2,31	14,52
18	-	49,05	-	495,91
20	-	12,85	34,81	233,93
21	-	9,66	16,38	47,09
22	3,57	-	10,55	-
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	55,58	153,38	619,36
25	-	50,12	116,65	521,21
26	19,76	-	68,33	245,95
27	-	5,80	18,26	86,21
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	27,39	57,42	222,55
31	-	13,75	33,63	178,72
32	-	0,85	1,29	8,89

**Tabla C4.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2050, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2050 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	108,88	130,10	884,69
2	-	23,32	27,20	341,11
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	2,32	4,85	18,08
5	-	6,40	12,60	69,31
6	-	138,19	0,00	-
7	-	44,55	77,24	579,21
8	-	19,99	21,48	173,25
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,62	-	86,08
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	9,59	-	74,83
14	-	1,73	5,29	16,88
15	-	17,54	19,51	168,92
17	-	1,14	2,57	16,15
18	-	40,44	0,00	408,91
20	-	12,63	34,19	229,78
21	-	8,81	14,93	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	43,25	119,35	481,95
25	-	13,50	31,42	140,40
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	27,22	57,07	221,20
31	-	1,76	4,30	22,86

**Tabla C5.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2080, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2080 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	155,14	185,37	1 260,51
2	-	22,14	25,81	323,74
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	1,74	3,65	13,59
5	-	5,64	11,11	61,10
6	-	169,15	-	-
7	-	44,55	77,24	579,21
8	-	19,96	21,45	173,02
9	-	32,32	-	360,16
10	-	6,24	-	81,16
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	9,43	-	73,54
14	-	5,44	16,62	53,07
15	-	15,46	17,19	148,84
17	-	1,10	2,48	15,54
18	-	47,73	-	482,61
20	-	12,53	33,93	228,01
21	-	8,82	14,95	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	55,58	153,38	619,36
25	-	35,50	82,63	369,19
26	15,79	-	54,58	196,45
27	-	4,06	12,79	60,38
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	25,38	53,20	206,19
31	-	14,13	34,55	183,65
32	-	0,23	0,35	2,37

**Tabla C6.**

*Stock de material perdido ante un escenario de inundación sin control en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

<b>Año 2100 - Inundación sin control</b>				
<b>Pérdida de Stock de Materiales de Construcción (ton)</b>				
<b>Número de manzana</b>	<b>Ladrillo de Techo</b>	<b>Tejas</b>	<b>Ladrillo de pared</b>	<b>Cemento para el piso</b>
1	-	216,61	258,82	1 759,92
2	-	28,98	33,80	423,89
3	-	97,41	231,00	1 139,73
4	-	3,69	7,72	28,80
5	-	5,63	11,09	61,00
6	-	251,22	-	-
7	-	44,55	77,24	579,21
8	-	20,26	21,77	175,58
9	-	32,32	-	360,16
10	-	5,72	-	74,38
11	-	23,60	-	-
12	-	13,23	-	-
13	-	8,12	-	63,36
14	-	4,42	13,49	43,06
15	-	15,30	17,01	147,29
16	-	2,71	8,31	-
17	-	1,15	2,59	16,24
18	-	55,28	-	558,94
19	-	1,76	4,88	17,17
20	-	16,93	45,86	308,19
21	-	8,79	14,91	-
22	3,57	-	10,55	36,30
23	-	49,16	67,95	456,51
24	-	55,58	153,38	619,36
25	-	47,55	110,69	494,57
26	19,92	-	68,89	247,94
27	-	5,04	15,87	74,94
28	-	13,12	31,50	127,93
29	-	49,52	90,57	557,97
30	-	39,47	82,76	320,73

31	-	44,20	108,12	574,66
32	-	13,59	20,57	141,29

---



**ANEXO D. NÚMERO DE VIVIENDAS AFECTADAS, CONSIDERANDO LOS FACTORES DE REDUCCIÓN REDONDEADOS**

**Tabla D1.**

*Número de viviendas afectadas ante un escenario de inundación sin control en el año 2100, considerando el redondeo de los factores mayores a 0.8*

Número de Manzana	Manzana	Número de Viviendas Existentes	Factores de Reducción	Número de Viviendas Afectadas
1	200706000100100063	39	1,000	39,0
2	20070600010010003E	9	0,732	6,6
3	20070600010010003B	26	1,000	26,0
4	20070600010010003M	10	0,133	1,3
5	20070600010010003N	29	0,053	1,5
6	20070600010010004V	13	1,000	13,0
7	20070600010010004B	12	1,000	12,0
8	20070600010010004C	18	0,265	4,8
9	20070600010010004J	8	1,000	8,0
10	20070600010010004K	20	0,124	2,5
11	20070600010010005M	11	1,000	11,0
12	20070600010010005L	10	1,000	10,0
13	20070600010010005J	15	0,244	3,7
14	20070600010010005Z	9	0,271	2,4
15	20070600010010004A	29	0,093	2,7
16	20070600010020001B	9	0,164	1,5
17	200706000100200005	32	0,008	0,3
18	200706000100100052D	18	0,689	12,4
19	200706000100100025A	11	0,071	0,8
20	200706000100101003	8	1,000	8,0
21	200706000100100010	9	0,326	2,9
22	200706000100100011	12	0,085	1,0
23	20070600010010003F	15	1,000	15,0
24	20070600010010003G	20	1,000	20,0
25	20070600010010003I	15	0,423	6,3
26	20070600010010009C	21	0,332	7,0
27	200706000100100012	20	0,076	1,5
28	20070600010010009B	8	0,380	3,0
29	20070600010010003S	17	1,000	17,0



30	200706000100100003R	16	0,612	9,8
31	200706000100100003Q	19	0,559	10,6
32	200706000100100003P	21	0,128	2,7
				<b>264</b>

