

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS ESPACIAL DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL CON USO DE
HERRAMIENTAS SIG EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ
ID: 0009-0001-3245-4504

ASESOR

PhD. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA
ID: 0000-0002-8646-3852

LIMA – PERÚ

2025

© 2025, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Lumbre Santa Cruz, Jorge Luis

jlumbres@uni.pe

990444311

Dedicatoria

Agradezco a Dios, por regalarme el don de la vida y con ella a mis amados padres, Flor y Jorge, a quienes dedico este trabajo, por todo el esfuerzo y amor que han invertido en brindarle a sus hijos el regalo más valioso: la educación.

A mi mamá Frede, por acompañarme en este maravilloso y desafiante camino llamado vida, y a mi hermano Guillermo, por su constante apoyo y aliento.

Mi agradecimiento de manera especial al PhD. Ing. Miguel Estrada y a la MSc. Ing. Fanny Eto, profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería, quienes me brindaron su tiempo y asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.

Índice

Resumen	iv
Abstract	v
Prólogo	vi
Lista de tablas.....	vii
Lista de figuras	x
Lista de símbolos y siglas	xiv
Capítulo I: Antecedentes.....	1
1.1. Planteamiento de la realidad problemática	1
1.2. Revisión de la literatura	4
1.3. Objetivos	7
1.4. Estructura de la tesis	8
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	10
2.1. SIG en el análisis de la seguridad vial	10
2.2. Detección de puntos negros	11
2.3. Estimación de la densidad de Kernel.....	11
2.3.1. Función de Probabilidad.....	12
2.3.2. Ancho de banda	15
2.4. Distancia del vecino más cercano	16
2.4.1. Método planar	16
2.4.2. Método de red	18
2.5. Patrones espaciales	21
2.5.1. Tipos de patrones.....	22
2.5.2. Patrones de asociación	23
2.6. Indicadores locales de asociación espacial	24
2.6.1. Autocorrelación espacial	26
2.6.2. Matriz de ponderación espacial	27
2.6.3. Índice de Moran.....	28
2.6.4. Estadístico de Getis-Ord	31
Capítulo III: Metodología de estudio.....	34
3.1. Hipótesis	34
3.2. Metodología de trabajo.....	34
3.2.1. Alcance de estudio	34
3.2.2. Sistematización de la información	37
3.2.3. Análisis de la recolección de datos.....	40
3.2.4. Recolección de datos en el Perú	42

3.2.5. Preprocesamiento del registro de accidentes de tránsito.....	43
3.2.6. Base de datos validada	45
Capítulo IV: Análisis espacial de accidentalidad vial en el distrito de San Isidro	48
4.1. Caso de estudio: Distrito de San Isidro.....	48
4.1.1. Diagnóstico urbano distrital	48
4.1.2. Sistema vial.....	50
4.1.3. Ejes desarrolladores.....	53
4.2. Accidentalidad vial.....	55
4.2.1. Accidentalidad vial espacial.....	56
4.2.2. Accidentalidad vial temporal.....	58
4.2.3. Accidentalidad vial según su tipificación.....	60
4.2.4. Severidad de la accidentalidad.....	62
4.3. Caracterización vial con uso de imágenes tomadas de un RPAS.....	65
4.4. Estimación de Densidad de Kernel.....	74
4.4.1. Método planar	74
4.4.2. Método de red	77
4.5. Distancia del vecino más cercano	80
4.5.1. Índice del vecino más cercano planar.....	80
4.5.2. Índice del vecino más cercano de red	83
4.6. Indicadores locales de asociación espacial	84
4.6.1. Matriz de Pesos Espaciales.....	85
4.6.2. Índice de Moran.....	91
4.6.3. Estadístico G* de Getis-Ord	98
5. Capítulo V: Análisis y discusión de resultados	102
5.1. Análisis de la estimación de densidad de Kernel.....	102
5.1.1. Función de Densidad Planar	103
5.1.2. Función de densidad de red	108
5.1.3. Análisis de la distancia del vecino más cercano	114
5.1.4. Distancia del vecino más cercano de red	122
5.2. Análisis de Indicadores Locales de Asociación Espacial	125
5.2.1. Análisis del Índice de Moran.....	125
5.2.2. Análisis del Estadístico G* de Getis-Ord.....	130
Conclusiones	136
Recomendaciones	140
Referencias bibliográficas	142

Anexos	145
---------------	------------

Resumen

Este estudio analiza los puntos negros causados por accidentes de tránsito en el distrito de San Isidro, Lima, entre 2016 y 2019, utilizando cuatro técnicas espaciales: estimación de densidad de Kernel, distancia del vecino más cercano (aplicada en métodos planar y de red), e indicadores locales de autocorrelación espacial (índice de Moran y estadístico de Getis-Ord). La investigación comienza con una descripción del distrito, enfocándose en la caracterización vial de las intersecciones mediante imágenes aéreas obtenidas por RPAS, lo que revela una alta densidad de tráfico y un mayor número de puntos negros.

En cuanto a la estimación de densidad de Kernel, el estudio subraya la importancia del ancho de banda, un parámetro clave para determinar el radio de influencia promedio de los accidentes, el cual, aunque se puede calcular con fórmulas, generalmente se asigna por juicio experto para obtener mejores resultados visuales. En relación con la distancia del vecino más cercano, se empleó el método planar para analizar cuatro sectores del distrito, considerando accidentes por tipo y año, y comparando distancias medias observadas y esperadas para los diferentes escenarios propuestos.

Los indicadores locales de asociación espacial se calcularon para distintos escenarios de accidentes (todos los accidentes, aquellos que registraron algún lesionado y según el rango horario de ocurrencia), utilizando niveles de significancia "z" y valores de probabilidad "p" para identificar los puntos negros más relevantes en el estudio.

Palabras clave: puntos negros, estimación de densidad de Kernel, distancia del vecino más cercano, indicadores locales de asociación espacial.

Abstract

This study analyzes the black spots caused by traffic accidents in the San Isidro district of Lima between 2016 and 2019, using four spatial techniques: Kernel density estimation, nearest neighbor distance (applied with planar and network methods), and local spatial autocorrelation indicators (Moran's index and Getis-Ord statistic). The research begins with a description of the district, focusing on the road network characterization of intersections through aerial images obtained by RPAS, which reveals a high traffic density and a greater number of black spots.

Regarding Kernel density estimation, the study emphasizes the importance of the bandwidth, a key parameter for determining the average influence radius of accidents. Although this can be calculated using formulas, it is generally assigned by expert judgment to achieve better visual results. Regarding nearest neighbor distance, the planar method was used to analyze four sectors of the district, considering accidents by type and year, and comparing observed and expected mean distances for the proposed scenarios.

Local spatial association indicators were calculated for different accident scenarios (all accidents, those with injuries, and based on the time range of occurrence), using "z" significance levels and "p" probability values to identify the most relevant black spots in the study.

Keywords: black spots, Kernel density estimation, nearest neighbor distance, local spatial association indicators.

Prólogo

Los accidentes de tránsito en los últimos años se han convertido en la segunda causa de muerte a nivel mundial de acuerdo a los datos brindados por la OMS en 2021, en los que 1.19 millones de personas perdieron la vida por uno de estos eventos.

El Perú no es ajeno a esta realidad, donde día a día, la población tiene que lidiar con el tráfico de las ciudades más importantes del país como Lima, Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo entre otras, exponiendo muchas veces su vida cuando tienen que cruzar una vía urbana.

De esta manera, es crucial la detección de los principales puntos negros derivados de los accidentes de tránsito, para lo cual en la actualidad existen una cantidad de técnicas espaciales, las cuales proporcionan resultados certeros y satisfactorios, y que a partir de estas se pueden estudiar las causas que originan estos accidentes en los puntos negros, para luego recomendar soluciones que mejoren la seguridad vial, para todos los involucrados (conductores, ciclistas y peatones).

A pesar de ello, en Perú se han desarrollado pocos estudios de este tipo, por lo cual esta investigación intenta aplicar algunas de las técnicas espaciales para la detección de puntos negros más conocidas, tomando como caso de estudio el distrito de San Isidro, en Lima Metropolitana, la cual, por sus condiciones urbanas, viales y de tránsito vehicular, es uno en donde ocurren la mayor cantidad de accidentes en el país.

Lista de tablas

Tabla N° 3.1 Codificación para los tipos de accidentes registrados.	38
Tabla N° 3.2 Codificación para el tipo de vehículos involucrados en el accidente.	39
Tabla N° 3.3 Codificación según lugar de ocurrencia.....	39
Tabla N° 3.4 Codificación según hora de ocurrencia.	40
Tabla N° 3.5 Codificación según día de la semana ocurrido el accidente.	40
Tabla N° 3.6 Codificación según el rango de edad de los involucrados.	40
Tabla N° 3.7 Registro de Accidentes de Tránsito en San Isidro.	45
Tabla N° 3.8 Distribución de Accidentes de Tránsito según el Tipo de Accidente.	46
Tabla N° 3.9 Distribución de Accidentes de Tránsito según el Tipo.	47
Tabla N° 4.1 Clasificación de la Red Vial en el distrito de San Isidro.	51
Tabla N° 4.2 Sectorización del distrito de San Isidro.....	54
Tabla N° 4.3 Registro de Accidentes de Tránsito en el distrito de San Isidro.	56
Tabla N° 4.4 Registro de accidentes de tránsito eliminados.	57
Tabla N° 4.5 Diferencia entre los términos "accidente" y "sinistro".	62
Tabla N° 4.6 Índices de Mortalidad y Morbilidad.	63
Tabla N° 4.7 Índices de accidentalidad, mortalidad y morbilidad 2016 - 2019.....	63
Tabla N° 4.8 Puntos donde se tomaron fotografías aéreas con un RPAS.....	65
Tabla N° 4.9 Puntos negros identificados de la KDE mediante la función planar.....	74
Tabla N° 4.10 Niveles de densidad de accidentes de tránsito para el método planar.....	76
Tabla N° 4.11 Puntos negros adicionales a partir de la KDE mediante la función de red.	78
Tabla N° 4.12 Niveles de Densidad de Accidentes de Tránsito para el método de red.....	79
Tabla N° 4.13 Resultados del Vecino Promedio más Cercano.....	81
Tabla N° 4.14 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Atropello. ...	81
Tabla N° 4.15 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Choque.	82

Tabla N° 4.16 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Despiste y Volcadura.....	82
Tabla N° 4.17 Distancia del vecino promedio más cercado de red por sector.....	84
Tabla N° 4.18 Resultados del Índice de Moran - ATs con daños materiales.	91
Tabla N° 4.19 Resultados del Índice de Moran - ATs con lesionados.	92
Tabla N° 4.20 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran - ATs con daños materiales.	93
Tabla N° 4.21 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran - ATs con lesionados.	94
Tabla N° 4.22 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran - ATs con daños materiales.....	95
Tabla N° 4.23 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran - ATs con lesionados.....	95
Tabla N° 4.24 Resultados del índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.	95
Tabla N° 4.25 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.....	97
Tabla N° 4.26 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.....	98
Tabla N° 4.27 Resultados del estadístico G* de Getis – Ord -Totalidad de ATs.	99
Tabla N° 4.28 Resultados del estadístico G* de Getis – Ord - ATs con lesionados.....	99
Tabla N° 4.29 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G* de Getis – Ord – Totalidad de ATs.	99
Tabla N° 4.30 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G* de Getis - Ord - ATs con lesionados.....	100
Tabla N° 4.31 Número de puntos negros por sector según el estadístico G* de Getis - Ord – Totalidad de ATs.....	100
Tabla N° 4.32 Número de puntos negros por sector según el estadístico G* de Getis - Ord - ATs con lesionados	100
Tabla N° 4.33 Resultados del estadístico G* de Getis - Ord de acuerdo a la hora de ocurrencia.	101

Tabla N° 4.34 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G^* de Getis - Ord de acuerdo a la hora de ocurrencia.	101
Tabla N° 4.35 Número de puntos negros por sector según el estadístico G^* de Getis - Ord de acuerdo a hora de ocurrencia.	101
Tabla N° 5.1 Patrón de distribución de los AT's.	114
Tabla N° 5.2 Patrón de distribución de los AT's tipo "Atropello".	117
Tabla N° 5.3 Patrón de distribución de los AT's tipo "Choque".	119
Tabla N° 5.4 Patrón de distribución de los AT's tipo "Despiste y Volcadura".	121
Tabla N° 5.5 Número de puntos negros - nivel de significancia.	133

Lista de figuras

Figura N° 1.1 Actividades nacionales hacia el decenio de la Seguridad Vial 2021 – 2030.....	2
Figura N° 1.2 Accidentes de tránsito en el Perú en el periodo 2017 - 2022.....	3
Figura N° 2.1 Puntos negros identificados a partir del índice de Moran en el Sector 1.	10
Figura N° 2.2 Interpretación de la densidad de Kernel.	13
Figura N° 2.3 Función de kernel de red distribuida en partes iguales.....	14
Figura N° 2.4 Enfoque del uso de la función de densidad planar y de red.	15
Figura N° 2.5 Función espacial de ponderación.....	15
Figura N° 2.6 Interpretación del cálculo de la distancia del vecino más cercano de red.	18
Figura N° 2.7 Tipos de patrones puntuales.	23
Figura N° 2.8 Cuadrantes en el gráfico de dispersión de Moran.	31
Figura N° 3.1 Comisarías en el distrito de San Isidro.	35
Figura N° 3.2 Modelo de denuncia de accidente de tránsito.	36
Figura N° 3.3 Recolección de datos de accidentes de tránsito.....	38
Figura N° 3.4 Ficha de recolección de datos de Accidentes de Tránsito.....	43
Figura N° 3.5 Ficha de recolección de Accidente de Tránsito.	44
Figura N° 3.6 Ficha de recolección de datos de Accidentes de Tránsito.....	44
Figura N° 3.7 Ficha de recolección de datos de Accidente de Tránsito.....	45
Figura N° 4.1 Mapa de Uso de Suelos del distrito de San Isidro.	49
Figura N° 4.2 Mapa del Sistema Vial de San Isidro.....	52
Figura N° 4.3 Sectores y subsectores de Juntas Vecinales.	55
Figura N° 4.4 Registro de Accidentes de Tránsito por Comisaría.	56
Figura N° 4.5 Distribución de accidentes de tránsito por sector.	58
Figura N° 4.6 Distribución de accidentes de tránsito por día de la semana.....	59
Figura N° 4.7 Distribución de accidentes de tránsito por hora de ocurrencia.	60
Figura N° 4.8 Distribución de accidentes de tránsito según tipo.....	61
Figura N° 4.9 Distribución de accidentes de tránsito por grado de severidad.....	64
Figura N° 4.10 Vista aérea Puente Canaval y Moreyra.	67
Figura N° 4.11 Vista aérea Puente Aramburú.	68
Figura N° 4.12 Vista aérea de la intersección entre Av. Canaval y Moreyra y Av. República de Panamá.	69

Figura N° 4.13 Vista aérea de la intersección entre Av. Arequipa, Av. Aramburú y Av. Santa Cruz.....	70
Figura N° 4.14 Vista aérea de la intersección entre Av. Javier Prado Este y Av. Paseo Parodi.....	71
Figura N° 4.15 Vista aérea de la intersección entre Av. Javier Prado Oeste y Ca. Los Pinos.....	72
Figura N° 4.16 Vista aérea de la Intersección entre Av. Pérez Aranibar y Av. Coronel Pedro Portillo.....	72
Figura N° 4.17 Modelo 3D de la intersección de Av. Guardia Civil y Av. del Parque Norte.....	73
Figura N° 4.18 Mapas de Densidad de Kernel por el método planar por cada año, para un $Ab = 100m$	76
Figura N° 4.19 Parámetros del método de red para determinar el KDE.....	78
Figura N° 4.20 Mapas de Densidad de Kernel por el método de red para cada Ab predefinido.....	80
Figura N° 4.21 Método del vecino más cercano de red para el Sector 1.....	84
Figura N° 4.22 Esquema de una matriz de pesos espaciales.....	85
Figura N° 4.23 Creación de una matriz de ponderaciones en Geoda.....	87
Figura N° 4.24 Matrices de pesos espaciales.....	88
Figura N° 4.25 Parámetros resumen e histogramas para los accidentes con lesiones del sector 3.....	89
Figura N° 4.26 Mapa de conectividad para los accidentes con lesiones del Sector 3.....	90
Figura N° 4.27 Gráfico de conectividad para los accidentes con lesiones del Sector 3.....	90
Figura N° 4.28 Gráfico de dispersión de Moran para accidentes con lesiones - Sector 4.....	92
Figura N° 4.29 Mapa de nivel de significancia para accidentes con lesiones - Sector 4.....	93
Figura N° 4.30 Mapa de clústers para accidentes con lesiones – Sector 4.....	94
Figura N° 4.31 Gráfico de dispersión de Moran para accidentes por hora - Sector 5.....	96
Figura N° 4.32 Mapa de nivel de significancia para accidentes por hora - Sector 5.....	97
Figura N° 4.33 Mapa de clústers para accidentes por hora - Sector 5.....	98

Figura N° 5.1 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 50$ m.	103
Figura N° 5.2 Vista aérea de la intersección Av. Salaverry - Av. Pérez Araníbar.	104
Figura N° 5.3 Vista aérea de la intersección Av. Pérez Araníbar - Av. Crnel. Pedro Portillo.	104
Figura N° 5.4 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 100$ m.	105
Figura N° 5.5 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 150$ m.	106
Figura N° 5.6 Mapa de KDE del promedio anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 200$ m.	107
Figura N° 5.7 Intersección Av. Arequipa - Av. Aramburú.....	107
Figura N° 5.8 Vista aérea de la Av. Canaval y Moreyra en dirección a la Av. Paseo de la República.	108
Figura N° 5.9 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 1 para un $Ab = 150$ m.	109
Figura N° 5.10 Vista aérea de la Av. Javier Prado Oeste.....	110
Figura N° 5.11 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 2 para un $Ab = 150$ m.	111
Figura N° 5.12 Mapa de KDE promedio anual para el Sector 3 y 4 para un $Ab = 150$ m.	111
Figura N° 5.13 Ingresos de la vía expresa hacia las vías urbanas.	112
Figura N° 5.14 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 5 para un $Ab = 150$ m.	113
Figura N° 5.15 NND planar para Atropellos - Sector 1 y 2.	115
Figura N° 5.16 NND planar para Atropellos - Sectores 3-4 y 5.....	116
Figura N° 5.17 NND planar para Choques - Sectores 1 y 2.	118
Figura N° 5.18 NND planar para Choques - Sectores 3-4 y 5.	118
Figura N° 5.19 NND planar para Despiste y Volcadura - Sectores 1 y 2.	120
Figura N° 5.20 NND planar para Despiste y Volcadura - Sectores 3-4 y 5.....	121
Figura N° 5.21 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 1.	122
Figura N° 5.22 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 5.....	123

Figura N° 5.23 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 2.....	124
Figura N° 5.24 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 3 y 4.	124
Figura N° 5.25 Puntos negros identificados con el índice de Moran en relación al número de lesionados.....	127
Figura N° 5.26 Puntos negros identificados con el índice de Moran en relación a la hora de ocurrencia del accidente.	130
Figura N° 5.27 Puntos negros identificados con el estadístico G^* de Getis – Ord en relación al número de lesionados.....	132
Figura N° 5.28 Puntos negros identificados con el estadístico G^* de Getis – Ord en relación a la hora de ocurrencia del accidente.	135

Lista de símbolos y siglas

Caracteres latinos

A : área del rectángulo más pequeño que encierra la cantidad de eventos analizados por el método del vecino promedio más cercano

z : valor de puntuación del índice del vecino promedio más cercano

n : número de casos o eventos analizados

h : ancho de banda

k : función de densidad de Kernel

J : vecindario

W : matriz de ponderación

Caracteres griegos

α : nivel de significancia

μ : valor esperado para una variable aleatoria

Λ : indicador global de asociación espacial

γ : factor de escala

Siglas

AEDE: Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

ANN: Índice del Vecino más Cercano – Average Nearest Neighbor

CENACOM: Censo Nacional de Comisarías

CSR: Aleatoriedad Espacial Completa - Complete Spatial Randomness

NND: Distancia del Vecino más Cercano - Nearest Neighbor Distance

KDE: Estimación de Densidad de Kernel - Kernel Density Estimation

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

LISA: Indicador Local de Asociación Espacial - Local Indicator of Spatial Autocorrelation

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PBI: Producto Bruto Interno

PNP: Policía Nacional del Perú

SIDPOL: Sistema de Denuncias Policiales

$d_s(p_i, p_i^*)$: distancia esperada

$\bar{D}_O$: Distancia promedio observada

$\bar{D}_E$: Distancia promedio esperada

d_i : Distancia euclidiana para el evento i

D_m : mediana de la distancia

$E(x)$: valor esperado de x

G^* : estadístico de Getis-Ord

$I_L(p_i)$: Índice Local para el punto p_i

I_G^*, I_G^{**} : valor mínimo y máximo para los índices globales

S_0 : factor de normalización

SD: desviación estándar (standar desviation, por sus siglas en inglés)

SANET: Análisis Espacial de Red (Spatial Analysis along Network, por sus siglas en inglés).

SIG: Sistemas de Información Geográfico

UTM: Universal Transversal Mercator

w_{ij} : peso de influencia de la entidad i respecto a la entidad j

WGS: World Geographic System

Capítulo I: Antecedentes

1.1. Planteamiento de la realidad problemática

En el 2023, el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS) presentaron un informe acerca de las consecuencias que se han generado a causa de los accidentes de tránsito que ocurren a diario en todas partes del mundo. La estimación realizada muestra aproximadamente 1.19 millones de muertes en el año 2021, siendo aún alarmante con relación a las cifras de la década anterior (1.25 millones de muertes anual en promedio). Además, 50 millones de personas sufren algún traumatismo o lesión causadas por un accidente de tránsito por año. La OMS concluyó que los sistemas de tránsito inseguros en diversos países alrededor del mundo han llevado al incremento de personas que ven afectada su salud por una lesión causada en un evento de este tipo.

Es por ello que, las Comisiones Regionales de las Naciones Unidas (ONU) y la OMS, en el marco del “Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021 – 2030” presentaron un informe el cual indicaba que el valor del PBI anual en el que cada país incurre a raíz de estos accidentes se encuentra entre el 1% y 3%, lo que equivale a \$500 mil millones en todo el mundo, sugiriendo que el incremento de personas fallecidas en un accidente de tránsito en la red vial urbana tiene una relación de manera directa con el aumento de forma exponencial del parque automotor en cada uno de los países sin que en estos se hayan implementado nuevas políticas en temas de seguridad vial ni se haya mejorado las condiciones de la infraestructura vial, como lo es el caso del Perú.

El plan estratégico propuesto por la Comisión para la Seguridad Vial Mundial para disminuir estas cifras a la mitad para finales del 2030 se cimienta en cuatro pilares, los cuales se presentan en la Figura N° 1.1. Por ejemplo, el pilar 3 propone fomentar vías de tránsito seguras las cuales implican un buen diseño, construcción, mantenimiento y señalización, inspecciones constantes con equipos calificados, sensibilización de los gestores y usuarios de las vías, entre otras actividades. Todas las actividades elegidas deben estar relacionadas entre sí de manera tal que el ciclo logré ser retroalimentativo y las medidas planteadas inicialmente se puedan ajustar o mejorar en conformidad a los primeros resultados obtenidos en comparación a los objetivos previstos.



Figura N° 1.1 Actividades nacionales hacia el decenio de la Seguridad Vial 2021 – 2030.

Fuente: Elaboración propia.

A nivel nacional, uno de los primeros reportes en materia de accidentalidad vial corresponde al informe N°137 “El Transporte Urbano en Lima Metropolitana: un desafío en defensa de la vida” elaborado por la Defensoría del Pueblo en el año 2008. El objetivo del informe fue exponer aspectos en materia del transporte urbano en la ciudad de Lima, el cual representa un pilar fundamental en la búsqueda de garantizar los derechos fundamentales de los ciudadanos, esencialmente el derecho a la vida, la salud y la integridad personal, los cuales se encuentran constantemente atentados por los accidentes de tránsito.

Según el estudio realizado, Lima Metropolitana concentraba en el periodo 2003 – 2007 un promedio del 59.8% del total de accidentes a nivel nacional; que fue complementado con el estudio elaborado por la Secretaría de Transporte de Lima y Callao que identificó cinco puntos negros en la ciudad, en base al número de incidencias registradas para cada sitio. La Defensoría del Pueblo detectó un grave problema acerca de la información que se tenía en estos años acerca de los accidentes de tránsito, el cual radicaba en que eran dos instituciones las encargadas del registro de estos incidentes: la Dirección de Policía de Tránsito de Lima para el caso de accidentes fatales y la VII Dirección Territorial de la Policía Nacional del Perú (PNP) encargada de los accidentes no fatales. El problema era

que ambas instituciones no presentaban un formato compatible, y en muchos casos la información recopilada era insuficiente para llevar a cabo un estudio cuyo objetivo principal sea la detección de potenciales puntos negros, ni las causas probables que ocasionan estos accidentes. Por último, la Defensoría del Pueblo presentaría el informe “Seguridad Vial y Puntos Negros en Lima Metropolitana”, el cual concluyó que en los 16 principales ejes viales de Lima y Callao se logró detectar 699 puntos negros, de los cuales 474 agruparon la mayor cantidad de accidentes con resultados fatales. El objetivo de este estudio fue evaluar el avance en la implementación de medidas que favorecieran la seguridad vial en vías urbanas en Lima Metropolitana, sugeridas en el informe del año 2008.

El último reporte oficial brindado por la PNP correspondiente al periodo 2017 - 2022, muestra que la cantidad de accidentes y heridos tuvo una tendencia al incremento hasta fines del 2019 (la cantidad de fallecidos alcanzó su pico en 2018 con un total de 3 244), donde se alcanzó un pico de 95 800 accidentes de tránsito y 63 953 personas que resultaron con alguna lesión, cifras que se vieron alteradas por la irrupción del COVID-19 a nivel mundial. La Figura N° 1.2 se observa la evolución de estos registros en el Perú en el periodo 2017 – 2022.

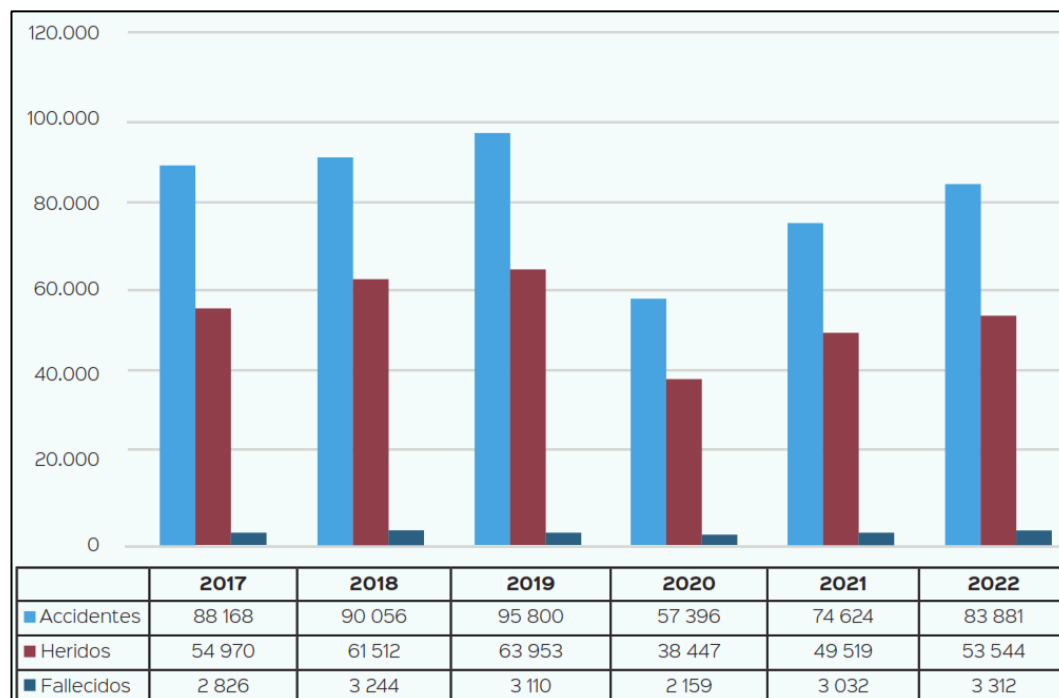


Figura N° 1.2 Accidentes de tránsito en el Perú en el periodo 2017 - 2022.

Fuente: Dirección de Estadística – PNP/MTC.

Los informes mencionados han sido los únicos a la fecha realizados por una institución en el Perú. Lo preocupante de esta situación es que con la creciente difusión de herramientas tecnológicas como lo son los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés), en conjunto con las diversas metodologías de estudio presentadas por investigadores de la materia, que permita la identificación de estos puntos negros con un mayor rigor científico, ninguna institución ha mostrado la suficiente preocupación por desarrollar un nuevo estudio en el Perú, siendo el problema de la accidentalidad vial un tema aún sin solución y una de las principales causa de muerte en el país.

1.2. Revisión de la literatura

Flahaut et al. (2002) fue uno de los primeros en llevar a cabo una investigación que abordó el tema del análisis espacial en materia de accidentalidad vial. Su estudio se enfocó sobre un tramo de carretera de 52.7 km en Bélgica, desde Charleroi a Jodoigne, con datos de registro de accidentes de tránsito entre los años 1992 y 1996, ya que según los autores ese lapso era lo necesariamente prolongado para limitar las fluctuaciones aleatorias de los resultados y muy corto para que algún cambio en la infraestructura vial sea significativo respecto al tráfico. El estudio estaba orientado a establecer una comparación entre los indicadores locales de autocorrelación espacial y el método de densidad de Kernel, los cuales sirvieron para detectar la localización de puntos negros.

De esta manera, se emplearon dos técnicas estadísticas diferentes para resolver el problema de definir puntos negros sobre la carretera a partir del registro de eventos de accidentalidad vial. El índice de autocorrelación local (I de Moran) y el método de densidad de Kernel tienen sus ventajas y sus inconvenientes, uno respecto del otro; sin embargo, varios parámetros en común han sido utilizados para ambas técnicas. Bajo elecciones específicas para estos parámetros, los dos métodos condujeron a resultados bastante similares, como por ejemplo la ubicación de los eventos de accidentes, aunque remarca que estos deben estar georreferenciados con la mayor precisión posible. La investigación demostró que la autocorrelación tiene una mejor consideración de la estructura espacial local ya que permite que la longitud de las zonas negras varíe localmente. Sin embargo, Flahaut aclaró que este no es siempre el caso en la práctica, ya que muchos países todavía trabajan con sistemas de posicionamiento bastante inexactos, por

lo que sugiere que las entidades nacionales encargadas del registro de este tipo de datos tomen la mayor precaución posible. Los análisis adicionales asumieron la red de carreteras como un todo, incluidos los cruces entre carreteras donde la intersección ameritaba otro tipo de prueba. Los autores concluyen, que las nuevas herramientas implementadas en el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) seguirán contribuyendo en la comprensión de las ocurrencias espaciales de los accidentes de tráfico y su concentración en puntos negros.

Existe una constante determinación por parte de investigadores de proponer y aplicar métodos más apropiados para identificar los puntos críticos de accidentes de tráfico, sobre todo en zonas urbanas, según Anderson (2009). La investigación ha involucrado el uso de SIG y el análisis espacial para definir tanto visual como estadísticamente lo que se podría definirse como un punto negro de accidente de tránsito. Considerar estos eventos como puntos en un mapa no es muy robusto como para distinguir las áreas que presentan mayor cantidad de puntos negros, y así implementar decisiones de políticas efectivas, dado que se hace caso omiso de los patrones espaciales o estadísticos y por el contrario, se basa en la interpretación personal y subjetiva del ser humano. Anderson aplicó tres métodos de estudio: función de densidad de Kernel, análisis de redes y el análisis del área de salida del censo.

Anderson realizó su estudio en un área ubicada al norte de Londres, con datos de accidentes de tránsito registrados entre 1998 y 2002, con el objetivo de proporcionar un modelo continuo más realista de patrones espaciales de puntos negros que reflejan los cambios de la densidad que a menudo son difíciles de representar utilizando modelos geográficamente limitados tales como la red de transporte. Concluyó que la estimación de densidad de Kernel es una técnica de interpolación que es capaz de identificar rápida y visualmente puntos de acceso de grandes conjuntos de datos y, por lo tanto, proporciona un resultado estadístico satisfactorio.

Okabe et al., en el año 2006 presentó una herramienta denominada Análisis Espacial en una Red (SANET, por sus siglas en inglés), la cual sirve para el cálculo de la estimación de densidad de Kernel, la distancia del vecino más cercano promedio entre otros análisis estadísticos que se encuentran disponibles en el programa, el cual introduce una función unidimensional o función de red, la cual

realiza todos los cálculos sobre las distancias de las rutas más cortas sobre dicha red con relación al conjunto de puntos que representan los eventos en estudio, brindando un nuevo enfoque en la identificación ahora no solo de los puntos negros, sino de los segmentos de red que lo constituyen.

Prasannakumar et al., en el año 2011, presentó en un estudio el análisis de los accidentes de tránsito en la localidad de Thiruvananthapuram (India), que tuvo por finalidad localizar los puntos negros provocados por este fenómeno a nivel urbano. La evaluación de la agrupación espacial de accidentes y las densidades espaciales de puntos calientes y fríos se llevó a cabo siguiendo el método de autocorrelación espacial con el índice I de Moran, los estadísticos de Getis-Ord G_i^* y las funciones de densidad de Kernel. Los autores sugirieron que los altos índices de accidentalidad vial se podrían reducir mediante un análisis espacio – temporal a través de la determinación de patrones espaciales que garanticen la efectividad de la solución propuesta como mecanismo de respuesta a las zonas identificadas como puntos negros.

Yu, Liu, Chen y Wang (2014) realizaron un estudio comparativo de los métodos de análisis espacial para la identificación de puntos negros los cuales fueron: frecuencia de choques, tasa de choques, autocorrelación espacial local (índice I de Moran), método empírico de Bayes y el método de estimación de Kernel. El estudio se aplicó sobre un tramo de 622.2 km de una autopista en el Reino Unido, con un registro de eventos entre 2001 y 2010. Se filtraron los datos de los últimos tres años para probar la consistencia de los métodos de análisis, con los que se determinó la existencia de falsos positivos y falsos negativos¹.

El rendimiento de dos métodos de análisis espacial y cuatro métodos convencionales para la identificación de puntos negros en carreteras se comparó utilizando varias pruebas de evaluación cuantitativa. Se encontró que el método bayesiano y los métodos de estimación de Kernel superaron otros enfoques de identificación de puntos negros. En comparación con los métodos convencionales ya conocidos, los métodos de análisis espacial no requieren la segmentación de

¹ los falsos positivos son aquellos puntos que visualmente pueden identificarse como puntos negros, pero estadísticamente no cumplen con los requisitos para serlo, contrario al caso de los falsos negativos, en el que visualmente no se identifica como punto negro, pero que estadísticamente cumple el criterio establecido

carreteras. Además, la única información que se necesita con los métodos de análisis espacial es la georreferenciación de cada accidente.

Los investigadores señalaron que una de las principales ventajas de los métodos de análisis espacial para la identificación de puntos negros radica en el hecho de que pueden aplicarse fácilmente a una red para identificar el patrón espacial de accidentes de tránsito. Cuando se considera una red completa de carreteras, las ventajas de los métodos de análisis espacial son mucho más evidentes porque abordan explícitamente los factores de riesgo que en general no forman parte de otros métodos. Esta característica hace que los métodos de análisis espacial sean una herramienta prometedora para la planificación de la seguridad del transporte que apunta a incorporar la seguridad en el proceso de planificación del transporte urbano tradicional.

Por otra parte, Ezgi Kundakci (2014) resaltó que las contramedidas propuestas para la mejora en materia de seguridad vial deben estar acompañadas de un análisis espacial dentro de un SIG, que incluya la mayor cantidad de variables para ser más preciso con el resultado final. Según el detalle del estudio, los criterios para la identificación de estos puntos pueden diferir acorde a diversos parámetros: mínimo número de accidentes, tipo de accidente, tiempo de ocurrencia, área de ocurrencia, entre otros. El volumen de tráfico es uno de los parámetros básicos en el análisis de accidentes, ya que diferentes estudios han demostrado una fuerte relación que existe entre ambos; sin embargo, muchas ciudades no cuentan con estos datos por lo que los investigadores adoptan otras medidas de exposición como el área geográfica o la longitud de la red de carreteras. En el estudio descrito se emplearon diferentes patrones espaciales para el análisis tales como el vecino más cercano promedio, métodos de clustering o agrupamiento, estimación de la densidad de Kernel, teniendo como prioridad el análisis en las intersecciones en la provincia de Ankara en Turquía, como parte del proyecto piloto Road Safety 10 dirigido por la OMS.

1.3. Objetivos

La presente tesis presenta como objetivo general desarrollar un análisis bajo los conceptos de la estadística geoespacial de la evaluación espacio temporal de los niveles de accidentalidad vial en el distrito de San Isidro, mediante el uso de

herramientas SIG de cálculo, con la finalidad de identificar los puntos negros en la zona de estudio y recomendar medidas de intervención vial sobre éstos.

Los objetivos específicos que forman parte del marco de este estudio son:

- Georreferenciar y estandarizar la base de datos de los eventos de accidentalidad vial registrados entre los años 2016 y 2019, para facilitar el procesamiento de estos datos en una plataforma SIG.
- Establecer tendencias en el comportamiento espacial de los accidentes de tránsito en el periodo 2016 – 2019, como la variación de los indicadores de mortalidad y morbilidad de los accidentes de tránsito en el distrito de San Isidro.
- Medir y analizar patrones de autocorrelación espacio temporal, con el fin de determinar o descartar la existencia de agrupamientos (clusters) o definir eventos de accidentalidad que se presentan de manera aleatoria o dispersa.
- Comparar los resultados obtenidos de los diferentes patrones espaciales analizados en el presente estudio, para determinar cuáles son los más adecuados, acorde a las variables de análisis; y
- Presentar mapas temáticos que muestren los puntos negros más críticos de accidentalidad vial identificados en el distrito de San Isidro y proponer recomendaciones de medidas de intervención vial para disminuir la tasa de accidentalidad vial en la zona de estudio.

1.4. Estructura de la tesis

El presente estudio se ha dividido en cinco capítulos de la siguiente manera: el Capítulo I está enfocado en presentar la problemática actual del tema de la accidentalidad vial a nivel mundial como nacional, la revisión de la literatura, además de presentar los objetivos del estudio y de qué forma se ha estructurado esta investigación. El Capítulo II presenta el fundamento teórico en la cual se basa esta tesis, enfocada principalmente en las metodologías de análisis en las que se centra el estudio.

En el Capítulo III denominado Metodología de estudio se presenta la hipótesis que se desea demostrar una vez concluida la investigación, la cual abarca el desarrollo, evaluación y análisis de los resultados obtenidos, luego de lo cual se procede a describir la metodología que se ha seguido para el desarrollo del

estudio. También se muestra la caracterización vial de algunas intersecciones tomadas del distrito de San Isidro, a partir de fotografías aéreas tomadas desde un RPAS, con la finalidad de mostrar la utilidad de esta tecnología para el futuro del desarrollo de este tipo de estudios o similares.

El Capítulo IV comienza con una descripción detallada del área de estudio, correspondiente al distrito de San Isidro, y presenta las estadísticas del registro de accidentes de tránsito, organizadas según las variables más relevantes. Entre estas se incluyen el número de personas lesionadas a raíz de los accidentes, la hora de ocurrencia, el tipo de accidente, entre otras. A continuación, se expone la aplicación de diversas metodologías, como la estimación de Kernel, la distancia del vecino más cercano y los indicadores locales de asociación espacial (índice I de Moran y el estadístico de Getis-Ord).

En el Capítulo V se lleva a cabo un análisis detallado y una discusión sobre los resultados obtenidos a partir de los puntos negros identificados en el estudio. Estos puntos críticos se determinaron mediante las metodologías mencionadas en el capítulo anterior. A través de estos indicadores, se evalúan patrones de concentración de accidentes y se identifican áreas con una alta recurrencia de accidentes viales, lo que permite contextualizar los hallazgos dentro del distrito de San Isidro.

Finalmente se presenta las Conclusiones y Recomendaciones del estudio, en base a los resultados obtenidos y la experiencia que ha significado la realización de la presente tesis.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1. SIG en el análisis de la seguridad vial

Un SIG se define como una herramienta que permite realizar diferentes tipos de tareas, desde la recolección y almacenamiento de datos, hasta alcanzar el nivel de análisis y visualización de información de manera ordenada y sistematizada, acorde al fenómeno que se esté estudiando (Lloyd, 2010). La ventaja de estudiar la accidentalidad vial radica en el que estos eventos están ligados a la ubicación donde se produjeron estos, lo que la manipulación de esta clase de información se facilita en gran medida si esta se trabaja con asistencia de un SIG.

A lo largo de los últimos años, los entornos SIG han contribuido notablemente en los estudios relacionados a la detección de puntos negros de accidentes de tránsito, ya sea a nivel de vías urbanas, como también a nivel de vías nacionales, a partir de lo que ha significado el incremento exponencial del número de herramientas de análisis espacial que existen hoy, lo que ha facilitado el trabajo de investigadores y tomadores de decisiones al momento de priorizar e intervenir los principales puntos negros identificados en una zona de estudio, tarea inicial y fundamental en la gestión de la seguridad vial.

En la Figura N° 2.1 se muestra los puntos negros identificados a partir del índice I de Moran, uno de los indicadores de autocorrelación empleados en el presente estudio, que forma parte del análisis de accidentalidad vial.

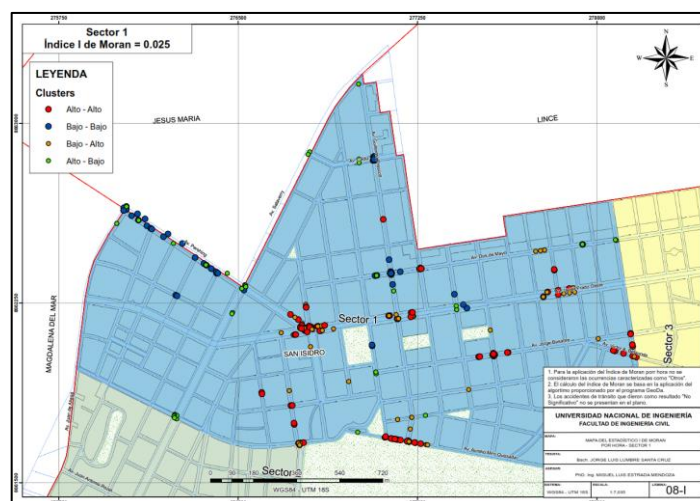


Figura N° 2.1 Puntos negros identificados a partir del índice de Moran en el Sector 1.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Detección de puntos negros

Pese a la revisión de una numerosa bibliografía, empieza a existir un consenso respecto a la definición concreta del término punto negro (blackspot o hotspot, por su denominación en inglés). Para el caso del análisis espacial de accidentes de tránsito, la mayoría de autores e instituciones basados en lo establecido por la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC, por sus siglas en inglés) coinciden en definirlo como una ubicación de alto riesgo de accidentes de tránsito producto de la reiterada ocurrencia de esta clase de eventos sobre un área determinada (principalmente las intersecciones en zonas urbanas), o como también lo representan ciertos tramos de una vía nacional donde ocurren accidentes de tránsito de manera recurrente como en las curvas de volteo con distancias de visibilidad insuficiente, para el caso de carreteras.

Otras instituciones como el Consejo Nacional de la Seguridad Vial prefieren definir a un punto negro en concordancia con diferentes índices que relacionan el número de accidentes de tránsito suscitados en un periodo establecido, que puede ser un mes, un trimestre o un semestre, pero que por lo general es un año, versus el número de vehículos o los vehículo-kilómetro estimados para el área de estudio.

En la actualidad, existen diversas técnicas de análisis para la detección de puntos negros de accidentes de tránsito, entre las que tenemos: estimación de densidad de Kernel y la distancia del vecino más cercano, ambos desarrollados para un método de red y planar. También se destaca el uso de diferentes indicadores de autocorrelación espacial como es el caso del índice de Moran (del tipo univariante y bivariante) y el índice local de Getis – Ord (conocido también como estadístico G^*) los cuales se describen a continuación.

Para el presente estudio se ha recurrido a cuatro programas para la obtención de los diferentes indicadores espaciales a determinar, los cuales son: ArcGis versión 10.5, QGis versión 3.6, SANET versión 4.1 y GeoDa, para el sistema operativo Windows.

2.3. Estimación de la densidad de Kernel

Es una técnica de interpolación que se emplea usualmente como un método de detección y visualización de puntos negros. A partir de un conjunto de

observaciones de un fenómeno en estudio, en base a los parámetros de la función de densidad y el ancho de banda, se obtiene como resultado estimaciones suavizadas en un formato de superficie tipo ráster, si se emplea el método planar, o en los segmentos de red, si se aplica el método lineal o de red. En el primero el valor de la estimación se almacena en el píxel, mientras que para el segundo cuyo formato de salida es de tipo vectorial, en donde la red se ha dividido en pequeñas proporciones, los resultados se guardan en un campo de atributos.

2.3.1. Función de Probabilidad

2.3.1.1. Función de densidad planar

Es la función mediante la cual se representará la forma en la que serán distribuidos en el espacio los eventos en estudio. El programa QGis ofrece hasta cinco funciones de probabilidad planar diferentes entre las cuales se encuentra: cuártica o esférica, triangular o cónica, uniforme, Triweight y Epanechnikov.

Este método es una herramienta de interpolación y suavizado usada para generalizar la posición de un punto a un área. La estimación de la densidad de Kernel se ajusta a una superficie curvada sobre cada caso, de tal manera que la superficie es más intensa encima del caso y cero a partir de una distancia del caso especificada, que depende del ancho de banda. En términos matemáticos se suele expresar como la Ec.1:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \dots (1)$$

Donde $f(x)$ es el valor de la estimación de densidad de probabilidad en el punto x , n es el número de observaciones, h es el ancho de banda que controla la amplitud de la función de Kernel, y $k()$ es la función de Kernel, que es una función simétrica alrededor de cero que define como se distribuye el peso alrededor de cada punto de datos x_i . La interpretación gráfica de este caso se presenta en la Figura N° 2.2.

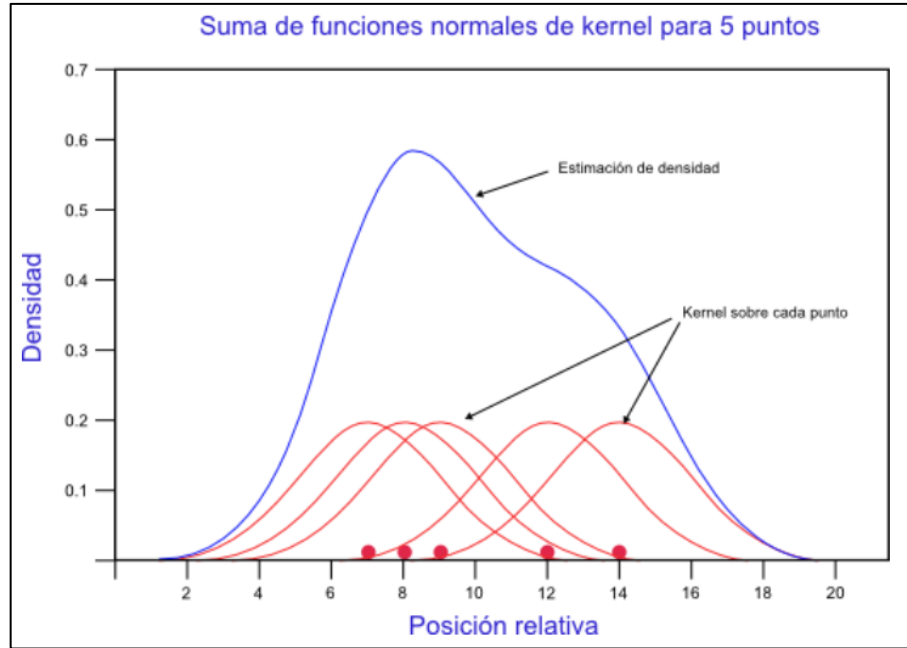


Figura N° 2.2 Interpretación de la densidad de Kernel.

Fuente: Wilson y Eck (2005).

Para la estimación de densidad de Kernel con el método de la función planar, el presente estudio ha optado por emplear la función cuártica, que es la de más amplio uso para este tipo de estudios. Esta función queda definida matemáticamente como se muestra en la Ec. 2:

$$g(x_j) = \sum \left\{ [W_i I_i] \frac{3}{h^2 \pi} \left[1 - \frac{d_{ij}^2}{h^2} \right] \right\} \dots (2)$$

Donde d_{ij} es la distancia entre un punto i y cualquier punto de referencia en la región de estudio j , h es el ancho de banda y W_i es el peso (por defecto 1, pudiéndose optar por ponderar los accidentes de tránsito generalmente de acuerdo con la gravedad de estos) e I_i es la intensidad local, para cada evento representado como un punto.

2.3.1.2. Función de densidad lineal o de red

El método de densidad de kernel de red se ha suele trabajar como una extensión del método de kernel 2D estándar en una forma simplificada y se representa bajo la siguiente función:

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi r^2} k\left(\frac{d_{is}}{r}\right) \dots (3)$$

La densidad de los accidentes está en función de $\lambda(s)$, como se muestra en la Ec. (3) para una ubicación determinada s y depende del radio del ancho de banda r y de la distancia entre las ubicaciones i y s representada por (d_{is}) .

El método del kernel de red está representado por una proyección lineal como una forma de espacio de red. En lugar de calcular la densidad en las unidades de superficie, que es el caso de una función de densidad planar, la función de red estima una densidad basada en unidades lineales.

La función de kernel de red más generalizada para este caso de estudios es la propuesta por Okabe et al., la cual queda definida en dos casos, cuando el centro de la función de kernel coincide con la intersección de dos líneas en la red o está cerca de la intersección y, el otro cuando el centro de la función de kernel coincide con la intersección de dos líneas. La función descrita es la indicada en el Ec. 4:

$$K_q(p) = \frac{k(d_s(q, p))}{(n_{i1} - 1)(n_{i2} - 1) \dots (n_{ik} - 1)} \text{ para } d_s(q, v_{ik-1}) \leq d_s(q, p) < d_s(q, v_{ik})$$

$$K_q(p) = 0 \text{ para } d_s(q, p) \geq h \dots (4)$$

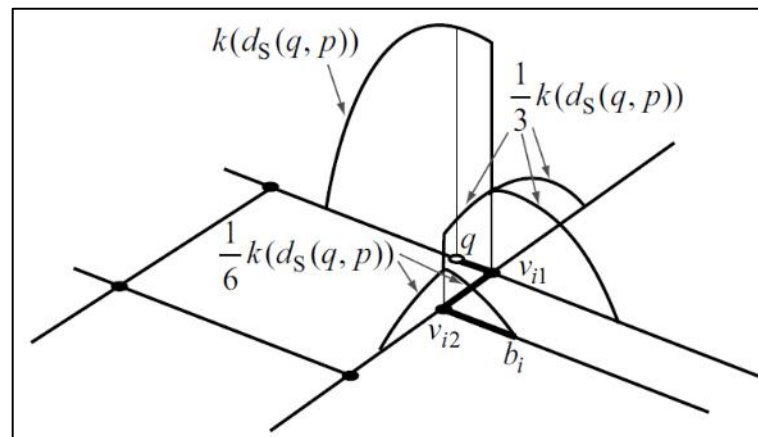


Figura N° 2.3 Función de kernel de red distribuida en partes iguales.

Fuente: Okabe y Sugihar (2012).

Donde K_q representa la función de kernel, q es el centro de la función de kernel, d_s representa la distancia más corta entre dos puntos, h es el ancho de banda y n es el número de intersecciones de líneas de red.

Gráficamente, la diferencia entre la función planar y de red radica en que la primera asocia su ancho de banda como un radio de búsqueda, es decir un área, mientras que para el caso del segundo el ancho de banda se asocia a una distancia de búsqueda sobre una red, que para este caso deberá ser la que representa las vías urbanas, como se esquematiza en la Figura N° 2.4.

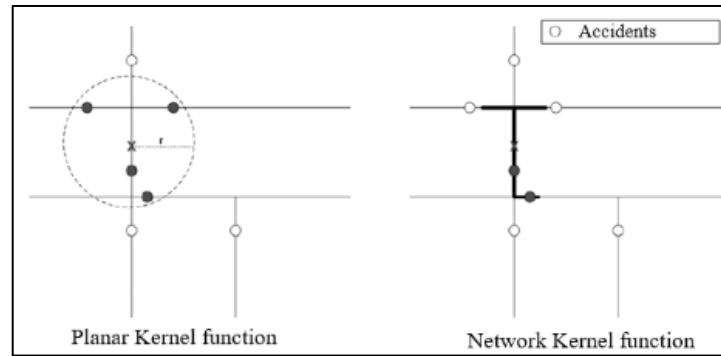


Figura N° 2.4 Enfoque del uso de la función de densidad planar y de red.

Fuente: Xie and Yand (2008).

2.3.2. Ancho de banda

El ancho de banda determina el número de eventos, que para este estudio está representada por los accidentes de tránsito, alrededor de cada uno de ellos y controla la disminución de la distancia en función de la densidad. Cuando mayor sea la distancia entre un punto y otro, menor será el valor de la densidad, siendo cero cuando la distancia entre ambos puntos es igual o mayor al ancho de banda establecido. La Figura N° 2.5 presenta un mejor detalle de lo descrito.

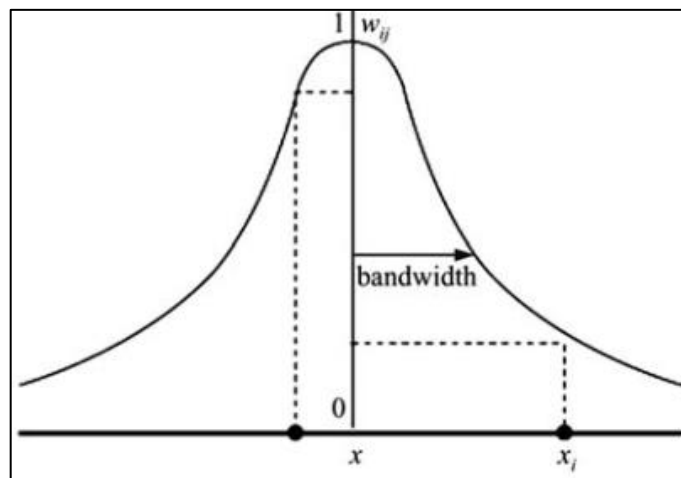


Figura N° 2.5 Función espacial de ponderación.

Fuente: Shariat, Shahri y Mirbagheri (2013).

El cálculo del ancho de banda para la estimación de densidad de Kernel por el método planar queda expresada como la Ec. 5:

$$h = 0.9 * \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right) * n^{-0.2} \dots (5)$$

donde: SD es la desviación estándar de las distancias calculadas, D_m es la mediana de la distancia y n es el número de puntos cuando todos los eventos poseen un peso igual a 1, o la suma de los valores de todos los puntos ponderados por el valor del peso asignado, según sea el caso.

Cabe aclarar que, para el caso de la función de probabilidad de red, aún no se ha propuesto un método estándar de cálculo para obtener el valor óptimo del ancho de banda, por lo que la asignación de este valor queda a criterio del investigador.

2.4. Distancia del vecino más cercano

La vecindad es un concepto básico de espacio topológico abstracto, del cual surgen muchos espacios utilizados en el análisis espacial, incluidos los espacios euclidianos y de red. El siguiente método de análisis de la distribución de accidentes de tránsito es el de la distancia del vecino más cercano (NND, por sus siglas en inglés), el cual mide la distancia entre el centroide de cada entidad y la ubicación del centroide de la entidad vecina más cercana, basándose en las distancias observadas entre el número de ocurrencias registradas y las distancias esperadas si la distribución de estas ocurrencias se hubiera debido al azar, para lo cual se hace un número determinado de simulaciones donde se distribuye la misma cantidad de puntos sobre el área de estudio de manera aleatoria. Es importante que el número de muestras aleatorias sea lo suficientemente grande de tal manera que pueda obtenerse una distribución normal y simétrica.

2.4.1. Método planar

La relación de vecino más cercano promedio se calcula como la distancia promedio observada dividida por la distancia promedio esperada.

El índice del Vecino Promedio más Cercano (ANN) está expresado como:

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \dots (6)$$

donde $\bar{D}_O$ es la distancia promedio observada entre cada entidad y su vecino más cercano, la cual se estima como indica la Ec. 7:

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \dots (7)$$

y $\bar{D}_E$ es la distancia promedio esperada para la entidad dada en un mismo número de puntos distribuidos aleatoriamente, la cual se calcula como indica la Ec. 8:

$$\bar{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \dots (8)$$

En las ecuaciones (Ec. 5), (Ec. 6) y (Ec. 7) mostradas en los párrafos precedentes, d_i es igual a la distancia promedio de la entidad i y su entidad vecina más cercana, n corresponde al total del número de entidades, y A es el área de un rectángulo mínimo encerrado alrededor de las entidades, o el valor del área especificada por el usuario.

El valor de la puntuación z se calcula como:

$$z = \frac{\bar{D}_O - \bar{D}_E}{SE} \dots (9)$$

donde:

$$SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}} \dots (10)$$

Se debe tener en cuenta que las ecuaciones empleadas para calcular el índice de la distancia de vecino promedio más cercano (Ec. 6) y la puntuación z (Ec. 9) se basan en la suposición de que los puntos o entidades no presentan restricciones para ubicarse en cualquier lugar del área de estudio, es decir, no existen barreras siendo las entidades independientes entre sí.

De los resultados obtenidos se pueden presentar tres casos:

- Si la distancia media observada es inferior a la esperada (índice menor que 1) se considera que los eventos se encuentran agrupados;
- Si el índice es mayor a 1 se concluye que los eventos se encuentran dispersos sobre la región de estudio, y
- Si el valor del índice obtenido es cercano o igual a 0 entonces se cumple que los eventos se encuentran distribuidos de forma aleatoria.

2.4.2. Método de red

El método de la distancia del vecino más cercano de red es una extensión del método tradicional (planar). Okabe en el desarrollo de la herramienta SANET formuló dos tipos para este método: los que se ocupan del mismo tipo de puntos (como es el caso de los accidentes de tránsito), a la que se le denomina método NND automático de red, y la que considera dos diferentes clases de puntos (en la cual una mide la distancia de los puntos de la primera clase respecto a los de la segunda clase) denominada método NND cruce de red. La medición de las distancias se ejecuta en relación con la distancia de la ruta más corta. En este estudio solo se empleará el primer tipo.

Para un punto p_i específico en P , consideramos una subred de $\tilde{L}$, denotada por $\tilde{L}((t|p_i))$, que consta de puntos en $\tilde{L}$ que están dentro de la distancia t de p_i , o matemáticamente, $\tilde{L}((t|p_i)) = \{p | d_s(p_i, p) \leq t, p \in \tilde{L}\}$ se indica mediante los segmentos de línea más gruesos en la Figura N° 2.6.

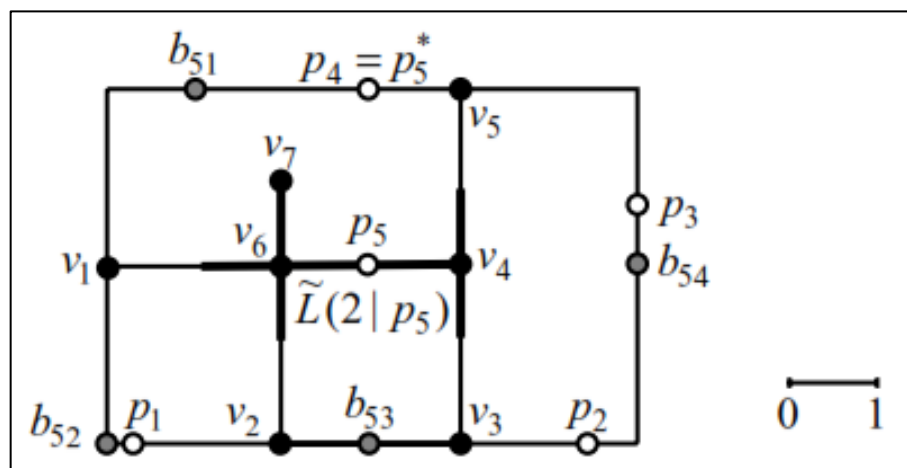


Figura N° 2.6 Interpretación del cálculo de la distancia del vecino más cercano de red.

Fuente: Okabe et. al. (2006).

Conceptualmente, $\tilde{L}(t|p_i)$ puede corresponder al disco centrado en p_i con radio t en un plano; en una red, a veces esto se refiere a ella como la red de búfer centrada en p_i con ancho t .

Nos referimos a la distancia desde p_i al siguiente punto más cercano en P como la distancia al vecino más cercano desde p_i y la denotamos por $d_s(p_i, p_i^*)$, donde p_i^* es el punto más cercano de p_i en P . Cabe señalar que, $d_s(p_i, p_i^*)$ puede indicar un valor observado o puede ser un valor aleatorio de la distancia del vecino más cercano, dependiendo del contexto donde sea empleado.

Para las pruebas estadísticas, requerimos la función de distribución de probabilidad $F_i(t|p_i)$ de la variable aleatoria $d_s(p_i, p_i^*)$ bajo la hipótesis de la aleatoriedad espacial completa (CSR, por sus siglas en inglés). Esta función está dada por la probabilidad, $Pr[d_s(p_i, p_i^*) \leq t]$, donde $d_s(p_i, p_i^*)$ es menor o igual que t , que se obtiene de:

$$Pr[d_s(p_i, p_i^*) \leq t]$$

$$= 1 - Pr[\text{todos los puntos de } P \text{ que } p_i \text{ estén más lejos que } t \text{ que de } p_i]$$

$$= 1 - Pr[\text{los } (n - 1) \text{ puntos estén localizados en } \tilde{L} \setminus \tilde{L}(t|p_i)]$$

donde $\tilde{L} \setminus \tilde{L}(t|p_i)$ significa que el complemento de la subred $\tilde{L}(t|p_i)$ con respecto a la red completa $\tilde{L}$, que están representadas por las líneas más finas en la Figura N° 2.6. Por lo tanto, la función está descrita como:

$$F_i(t|p_i) = 1 - \left(\frac{|\tilde{L}| - |\tilde{L}(t|p_i)|}{|\tilde{L}|} \right)^{n-1} \dots (11)$$

donde $|\tilde{L}|$ denota la longitud de $\tilde{L}$. En consecuencia, podemos calcular el valor esperado exacto $\mu(p_i)$, y la varianza $\sigma^2(p_i)$, de la variable aleatoria $d_s(p_i, p_i^*)$ usando la Ec. (11).

Para una prueba estadística, se define el índice $I_L(p_i)$ como el ratio del valor de $d_s(p_i, p_i^*)$ a su valor esperado, expresada matemáticamente como la Ec. 12:

$$I_L(p_i) = \frac{d_s(p_i, p_i^*)}{\mu(p_i)} \dots (12)$$

Por definición, el valor esperado de $I_L(p_i)$ es la unidad; es decir, $E(I_L(p_i)) = 1$. Debido a que la función de densidad de probabilidad exacta de $I_L(p_i)$ se obtiene de $F_i(t|p_i)$, podemos probar la hipótesis de CSR usando el procedimiento estadístico estándar.

Las ecuaciones presentadas han sido desarrolladas para el índice local de la distancia del vecino más cercano para un solo punto. Estas ecuaciones se transforman para poder calcular el índice global, aquel que proporciona la distancia del vecino promedio más cercano con respecto a todos los puntos.

Para ello se amplía el concepto del índice local a un índice global. Se considera la distancia del vecino más cercano no solo de p_i sino también de las de los puntos $p_1, \dots, p_{i-1}, p_{i+1}, \dots, p_n$ y promediar las distancias de los vecinos más cercanos resultantes en todos los puntos de P; es decir, $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*) / n$.

Sea μ el valor esperado de la variable aleatoria $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*) / n$ bajo la hipótesis de CSR (es decir, $p_1, \dots, p_{i-1}, p_{i+1}, \dots, p_n$ sigue el proceso de punto binomial homogéneo). Teniendo en cuenta que $E(\frac{\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)}{n})$ es el valor esperado de $d_s(p_i, p_i^*) = \mu(p_i)$ a través de $p_i \in \tilde{L}$, el valor de μ se obtiene de la Ec. 13:

$$\mu = \frac{1}{|\tilde{L}|} \int_{p_i \in \tilde{L}} \mu(p_i) dp_i \dots (13)$$

donde la integral es la integración de $\mu(p_i)$ a lo largo de $\tilde{L}$. Debido a que esta integración es difícil de calcular analíticamente, en la práctica empleamos la simulación de Monte Carlo. Dado μ , se define un índice como la razón del promedio de $d_s(p_i, p_i^*), \dots, d_s(p_n, p_i^*)$ a su valor esperado, o matemáticamente como se presenta en la Ec. 14:

$$I_G = \frac{1}{\mu} \frac{\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)}{n} \dots (14)$$

El índice I_G es una extensión del índice de Clark-Evans (1954) tal como se define en un plano al definido en una red (Okabe, Yomono y Kitamura, 1995). Por definición, el valor esperado de la variable aleatoria I_G es la unidad bajo la hipótesis de CSR.

Para las pruebas estadísticas, requerimos la función de densidad de probabilidad de la variable aleatoria $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$, pero esto es difícil de obtener analíticamente. Alternativamente, podemos emplear la propiedad de que $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$ se acerca a una distribución normal cuando n se vuelve grande porque el teorema del límite central se aplica al promedio de las variables aleatorias $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$. En la práctica, si un número n observado es lo suficientemente grande, podemos probar la hipótesis de CSR utilizando una distribución normal con el valor esperado y la varianza obtenida de la simulación de Monte Carlo.

Sean I_G^* e I_G^{**} los valores críticos superior e inferior de un nivel de significancia α . Entonces podemos concluir en el nivel de confianza $(1 - \alpha)$ que si un valor observado de I_G es más corto (o más largo) que I_G^* (o I_G^{**}), la distancia del vecino más cercano promedio observada es significativamente más corta (o más larga) que el valor esperado obtenido bajo la hipótesis de CSR, lo que conlleva a concluir que el conjunto de puntos tiende a agruparse, o caso contrario a estar distribuidos de forma dispersa.

En el estadístico de prueba I_G , como se muestra en la Ec. (14), las distancias de los vecinos más cercanos observados $d_s(p_i, p_i^*), i = 1, 2, \dots, n$ se agregan en un solo valor $\sum_{i=1}^n d_s(p_i, p_i^*)/n$. Para analizar los valores de forma desagregada, se suele emplear la función definida por el número $n(t)$ de puntos que satisfacen $d_s(p_i, p_i^*) \leq t$ con respecto a t . La función definida por $G(t) = n(t)/n$ se denomina función G (O'Sullivan y Unwin, 2003). En la práctica, para evitar una cantidad extensa de cálculos se reemplaza por las curvas de envolvente superior e inferior de $n(t)$ para un nivel de significación dado α con respecto a t utilizando la simulación de Monte Carlo, como se ha implementado en el paquete del software SANET.

2.5. Patrones espaciales

El significado de la noción de patrón puede ser específico según la naturaleza y las propiedades del conjunto de datos en estudio. De esta manera, cuando dichos datos se refieren al tiempo, una noción típica es una "tendencia", que puede verse como una forma de puntualizar la noción más general de un patrón. Cuando se exploran los datos espacialmente referenciados, uno busca patrones en la

distribución espacial. Cuando los datos se refieren a una población (es decir, un grupo de objetos), un patrón puede tomar la forma de un resumen estadístico de la distribución de los valores de los atributos en toda la población.

Es de vital importancia remarcar la diferencia entre el significado de "comportamiento" y "patrón" en la estadística espacial. Se entiende por comportamiento como algo inherente a un fenómeno y que existe objetivamente, independientemente de un observador. Un patrón, por el contrario, es algo que resulta de la observación o el análisis, una visualización de un comportamiento que muestra cómo el observador lo ve y lo entiende. Por lo tanto, un patrón es indispensablemente subjetivo. Diferentes observadores pueden entender el mismo comportamiento de manera diferente y representarlo por diferentes patrones e incluso un observador puede usar diferentes patrones para describir el mismo comportamiento dependiendo de sus objetivos.

2.5.1. Tipos de patrones

Un patrón también puede ser una formulación matemática, un rango de valores de atributos o solo un valor numérico único. De esta última aseveración, se deriva la clasificación de las siguientes variantes básicas de patrones:

- Asociación: Percepción o descripción de un conjunto o subconjunto de referencias como un todo unificado sobre la base de la similitud de sus características, es decir, valores cercanos de uno o más atributos correspondientes a estas referencias.
- Diferenciación: Percepción o descripción de algunas referencias o subconjuntos de referencias que difieren de los demás por sus características.
- Arreglo: una idea o descripción de cómo se organizan las características, con respecto a un orden de referencias, por ejemplo, una tendencia en la característica que cambia con el tiempo.
- Resumen de distribución: una idea general o descripción de cómo las características se distribuyen en un conjunto de referencia como qué tan variadas son, qué valores se producen con mayor frecuencia, si hay valores atípicos, etc.

Por otra parte, Ripley (2004) sugirió que, si las distribuciones presentan eventos en un área, los patrones espaciales pueden dividirse en tres grupos:

- Aleatorios: procesos homogéneos basados en una distribución de Poisson.
- Regulares: aquellos con ausencia de interacciones entre los eventos.
- Agregados: aquellos que exhiben interacciones entre los eventos.

En la Figura N° 2.7 se observa la localización espacial de los eventos bajo la caracterización de los patrones espaciales anteriormente descritos.

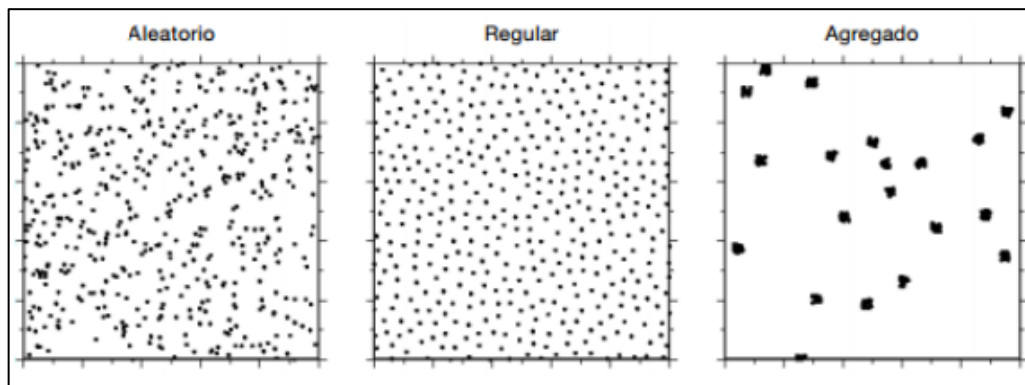


Figura N° 2.7 Tipos de patrones puntuales.

Fuente: Rozas et al. (2006).

2.5.2. Patrones de asociación

Un patrón de asociación significa que algunas referencias se unifican en un todo y pueden analizarse e interpretarse juntas. Tal unificación se realiza típicamente sobre la base de características idénticas o cercanas, es decir, valores de ciertos atributos, correspondientes a estas referencias.

En términos generales, la formación de patrones de asociación suele ir acompañada de la obtención de características sumarias de una unión de referencias a partir de las características individuales de sus entidades. La situación más sencilla de reconocer es cuando todas las entidades tienen el mismo valor de algún atributo; entonces este valor se convierte en la característica de la unión. En otros casos, se pueden enumerar todos los valores de atributos diferentes entre las características de los miembros de la unión (a menudo con una indicación de las frecuencias o probabilidades de su aparición) o, para los atributos ordinales o numéricos, el rango de variación de los valores puede ser especificado. Las características numéricas se resumen a menudo por medio de

cálculos que de alguna manera agregan características individuales en un solo valor numérico o unos pocos valores. La característica agregada más común es la media o promedio de los valores de un atributo numérico.

Se ha descrito con más detalle el concepto vinculado a los patrones de asociación, ya que justamente son estos los que se emplearán para la presente investigación relacionada al análisis espacial de la accidentalidad vial en zonas urbanas.

2.6. Indicadores locales de asociación espacial

Las capacidades de visualización, recuperación rápida de datos y manipulación en sistemas de información geográfica han creado la necesidad de nuevas técnicas de análisis de datos exploratorios que se centren en los aspectos espaciales de los datos. Anselin et. al. (1993) concluyó que la identificación de patrones locales de asociación espacial es una preocupación importante para los diferentes casos de estudio vinculados al análisis espacial.

De esta forma, esbozó una nueva clase general de indicadores locales de asociación espacial (LISA, por sus siglas en inglés) y presentó de qué manera un LISA permite la descomposición de los indicadores globales, como el índice de Moran o el estadístico de Getis-Ord, en la contribución de cada observación.

Las estadísticas de los indicadores locales de asociación espacial tienen dos propósitos: poder interpretarse como indicadores de núcleos locales de no estacionariedad², o puntos calientes. Actualmente la tendencia muestra que es cada día más probable que estos indicadores se usen para evaluar la influencia de ubicaciones individuales en la magnitud de la estadística global e inclusive para identificar valores atípicos (así lo definió Anselin en 1993, mediante un gráfico de dispersión asociado al índice de Moran).

Como definición operacional, Anselin sugirió que un indicador local de asociación espacial es cualquier estadística que satisfaga los siguientes dos requisitos:

- Para cada observación da una indicación del grado de agrupamiento espacial significativo de valores similares alrededor de esa observación; y

² un proceso de no estacionariedad se define como aquel proceso estocástico cuya distribución de probabilidad en un instante de tiempo o una posición fijos es diferente para todos los instantes de tiempo o posiciones, respectivamente.

- La suma de los LISA para todas las observaciones es proporcional a un indicador global de asociación espacial.

En términos generales, un LISA para una variable y_i , observada en la ubicación i , como una estadística L_i , queda expresada como se muestra en la Ec. 15:

$$L_i = f(y_i, yJ_i) \dots (15)$$

Donde f es una función (que puede admitir parámetros adicionales), y los yJ_i son los valores observados en el vecindario J_i de i .

Los valores que se utilizan en el cálculo de la estadística pueden ser observaciones originales o, de manera apropiada, valores estandarizados de estos para evitar la dependencia de escala de los indicadores locales, similar a la práctica que a menudo se toma para los indicadores globales de asociación espacial. Por ejemplo, en el índice de Moran, las observaciones se toman como desviaciones de su media.

El vecindario J_i para cada observación se define de la manera habitual, y tal vez se formaliza mediante una matriz de ponderaciones espaciales o contigüidad, W . Las columnas con elementos distintos de cero en una fila determinada de esta matriz indican los vecinos relevantes para la observación que corresponde a la fila, es decir, los elementos de J_i . Los ejemplos de criterios que podrían usarse para definir vecinos son la contigüidad de primer orden y los umbrales de distancia crítica. La matriz de ponderaciones espaciales puede estar estandarizada por filas (de modo que sus elementos de fila sumen a uno) para facilitar la interpretación de las estadísticas, pero esto no es necesario. Sin embargo, cuando se lleva a cabo la estandarización de filas, la función $f(y_i, yJ_i)$ normalmente corresponde a una forma de promedio ponderado de los valores en todas las observaciones $j \in J_i$.

L_i debe ser tal que sea posible inferir la significación estadística del patrón de asociación espacial en la ubicación i . De manera formal, esto requiere la operacionalización de una declaración como:

$$Prob [L_i > \delta_i] \leq \alpha_i \dots (16)$$

Donde δ_i es un valor crítico, y α_i es una significancia elegida o nivel de pseudo significancia, por ejemplo, como resultado de una prueba de aleatorización. El

segundo requisito de un LISA, es decir, su relación con la estadística global puede establecerse formalmente como:

$$\sum_i L_i = Y\Lambda \dots (17)$$

Donde Λ es un indicador global de asociación espacial, y Y es un factor de escala. En otras palabras, la suma de los indicadores locales es proporcional a un indicador global. Para este último, Anselin sugirió formularlo matemáticamente como:

$$Prob [\Lambda > \delta] \leq \alpha \dots (18)$$

que indica asociación espacial significativa sobre todo el conjunto de datos.

2.6.1. Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial es una medida del grado de similitud para una variable cuantitativa o categórica entre puntos vecinos en el espacio (lo que usualmente se traduce en un entorno cercano). La autocorrelación espacial es la expresión formal de la primera ley geográfica de Tobler, y puede ser positiva o negativa. El primer caso ocurre cuando los puntos vecinos presentan valores más similares que los puntos lejanos para su variable de análisis, y para el caso contrario esto sucede cuando los puntos lejanos son los que muestran valores muy similares en relación con los puntos vecinos, respecto a la variable de análisis.

La presencia de autocorrelación invalida la asunción de independencia en la que se apoyan muchos de las pruebas estadísticas clásicas. Esta observación ha permitido realizar test de correlación corregidos teniendo en cuenta la autocorrelación espacial (Dutilleul, 1993). Así, Clifford et. al. (1989) estimó un tamaño de muestra efectivo M que difiere del tamaño de muestra inicial N en función del grado de autocorrelación de las variables.

Griffith (1987, 1992) ha revisado las distintas definiciones dadas a la autocorrelación espacial:

- Autocorrelación atribuible a la posición geográfica de los datos;
- Descriptor del tipo de patrón cartografiado;

- Índice del contenido de información de datos georreferenciados no detectable mediante estadística clásica;
- Herramienta diagnóstica para detectar modelos espaciales erróneos;
- Estimación de variables geográficas no medidas;
- Problema generado al aplicar estadística clásica a datos espaciales;
- Indicador de la validez de la división en subunidades de un área;
- Mecanismo de procesos espaciales; y
- Efecto espacial no deseado.

Generalmente, se entiende como autocorrelación aquella relación entre los valores de una variable que se puede atribuir a la forma en la que los puntos de muestreo de esta variable están dispuestos en el espacio. Según Fortin et. al. (2002) existirían cuatro tipos de autocorrelación espacial: la autocorrelación espúrea la cual se debe a procesos subyacentes que afectan a la distribución espacial de los datos y puede aparecer incluso cuando las observaciones son independientes; la autocorrelación interpolada que surge al interpolar o extrapolar superficies; la autocorrelación verdadera la cual deriva de la interacción causal entre puntos vecinos y la autocorrelación inducida que es aquella que aparece en una variable dependiente debido a la acción de otra variable independiente que covaría en el espacio.

2.6.2. Matriz de ponderación espacial

El desarrollo de la autocorrelación espacial implica la definición de una vecindad de los distintos elementos geográficos. Para ello, se tiene que los valores de una variable registrados en aquellos elementos vecinos ejercen una influencia sobre los valores de dicha variable en un punto dado. De ahí que radica la importancia de definir cuándo dos elementos son vecinos o no.

Para el caso de puntos, esta vecindad puede establecerse por distancia, considerando vecinos a todos aquellos puntos a una distancia menor que un umbral establecido, lo que en el desarrollo de otros métodos de análisis espacial también se conoce como ancho de banda. Este umbral puede aplicarse en todas direcciones (isotropía) o ser variable en función de la dirección (anisotropía).

De forma general, pueden considerarse todos aquellos factores que hagan que una entidad ejerza influencia sobre otra, y en el grado en la que dicha influencia

tenga lugar. Esto puede incluir la consideración de otras relaciones existentes, como por ejemplo movimientos migratorios de especies, que (enlazan) unas entidades con otras y causan la existencia de interacción entre ellas más allá de la propia existente por distancia o contigüidad.

Para un conjunto de N entidades se tiene una matriz W de dimensiones $N \times N$ en la que el elemento w_{ij} refleja la influencia de la entidad i sobre la j . Por convención, los valores w_{ij} son iguales a cero. En el caso más sencillo, la matriz es de tipo binario, conteniendo únicamente valores 1 (existe vecindad efectiva entre las entidades) o 0 (no existe vecindad), pero los valores pueden ser cualesquiera.

Una característica primordial de la matriz de ponderación espacial es el método con el que ha sido creada, ya que la forma en la que se establece la vecindad entre los distintos elementos tiene influencia directa sobre dicha matriz. Esto, sin duda, afecta a las operaciones realizadas posteriormente sobre esta, por lo que la elección del método a emplear en su creación es altamente relevante.

2.6.3. Índice de Moran

La estadística del índice de Moran es posiblemente el indicador más utilizado de la autocorrelación espacial global. Inicialmente fue sugerido por Moran (1948), y posteriormente su estudio fue profundizado por Cliff y Ord (1973) a través de un trabajo clásico de autocorrelación espacial.

Es una estadística de producto cruzado entre una variable y un retraso o rezago espacial (que no es más que una variable medible u observable que se mueve o cambia de ubicación después de que haya ocurrido un cambio en la variable objetivo de interés), con la variable expresada en desviaciones de su media. Para una observación en el lugar i , esto se expresa como:

$$z_i = x_i - \bar{x} \dots (19)$$

Donde $\bar{x}$ es la media de la variable x .

La estadística del índice de Moran queda definida como se presenta en la Ec. 20:

$$I = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{w_{ij}(z_i)(z_j)/S_0}{\sum_{i=1}^N (z_i)^2 / n} \dots (20)$$

Donde w_{ij} son los elementos de la matriz de ponderaciones y S_0 es un factor de normalización igual a la suma de todos los elementos de la matriz y se obtiene de la expresión matemática de la Ec. 21.

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} \dots (21)$$

Si los valores de la matriz han sido normalizados estos deberán ser divididos por la suma de las columnas $S_0 = n$ y la expresión de la Ec. 20 se simplifica, como se presenta en la Ec. 22.

$$I^* = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{w_{ij}(z_i)(z_j)}{\sum_{i=1}^N (z_i)^2} \dots (22)$$

El valor esperado de I es:

$$E(I) = \frac{-1}{N-1} \dots (23)$$

Aquellos valores que se encuentren por debajo del valor $E(I)$ indicarán una autocorrelación negativa, mientras que los que se encuentren por encima de este umbral indicarán que esta autocorrelación es positiva.

2.6.3.1. Inferencia de permutación

La inferencia para el índice de Moran se basa en una hipótesis nula de aleatoriedad espacial. La distribución de la estadística bajo el valor nulo se puede derivar utilizando una suposición de normalidad (valores aleatorios normales independientes) o la llamada aleatorización (es decir, cada valor es igualmente probable que ocurra en cualquier ubicación). Si bien las derivaciones analíticas proporcionan expresiones fáciles de interpretar para la media y la varianza de la estadística bajo la hipótesis nula, la inferencia basada en ellas emplea una aproximación a una distribución normal estándar, que puede ser inapropiada cuando no se satisfacen los supuestos planteados inicialmente.

Una alternativa a la derivación analítica es un enfoque computacional basado en la permutación. Esto calcula una distribución de referencia para la estadística bajo la hipótesis nula de aleatoriedad espacial permutando aleatoriamente los valores observados sobre las ubicaciones. La estadística se calcula para cada uno de estos conjuntos de datos reorganizados aleatoriamente, lo que produce una distribución de referencia. Esta distribución de referencia se utiliza para calcular un pseudovalor p . Este valor se calcula como lo indica la Ec. 24:

$$p = \frac{R + 1}{M + 1} \dots (24)$$

Dónde R es el número de veces que el índice de Moran calculado de los conjuntos de datos aleatorios espaciales (los conjuntos de datos permutados) es igual o más extremo que la estadística observada. M es igual al número de permutaciones. Este valor suele asumirse típicamente como 99, 999, 9999, etc., para producir pseudo valores p bien redondeados.

El pseudo valor p es sólo un resumen de los resultados de la distribución de referencia y no debe interpretarse como un valor p analítico. Debe tenerse en cuenta que el alcance de la importancia está determinado en parte por el número de permutaciones aleatorias, es decir, un resultado que tiene un valor p de 0,01 con 99 permutaciones no es necesariamente más significativo que un resultado con un valor p de 0,001 con 999 permutaciones.

2.6.3.2. Parcela de dispersión de Moran

La gráfica de dispersión de Moran, esbozada por primera vez por Anselin (1996), consiste en un trazado de la variable que representa el retraso espacial en el eje Y y la variable original en el eje X . La pendiente del ajuste lineal a la gráfica de dispersión es igual al índice de Moran.

Un aspecto importante de la visualización en la gráfica de dispersión de Moran es la clasificación de la naturaleza de la autocorrelación espacial en cuatro categorías. Dado que la gráfica se centra en la media (de cero), todos los puntos a la derecha de la media ($z_i > 0$) se clasifican como valores altos y todos los puntos a la izquierda ($z_i < 0$), como valores bajos.

La gráfica de dispersión se descompone fácilmente en cuatro cuadrantes (ver Figura N° 2.8). El cuadrante superior derecho y el cuadrante inferior izquierdo se corresponden con la autocorrelación espacial positiva (valores similares en ubicaciones vecinas). Se suele referir a ellos como el tipo de autocorrelación espacial Alta-Alta (High-High) y Baja-Baja (Low-Low). Por el contrario, el cuadrante inferior derecho y superior izquierdo corresponden a la autocorrelación espacial negativa (valores diferentes en ubicaciones vecinas). A estos valores se suele referir como autocorrelación espacial Alta-Baja (High-Low) y Baja-Alta (Low-High), respectivamente.

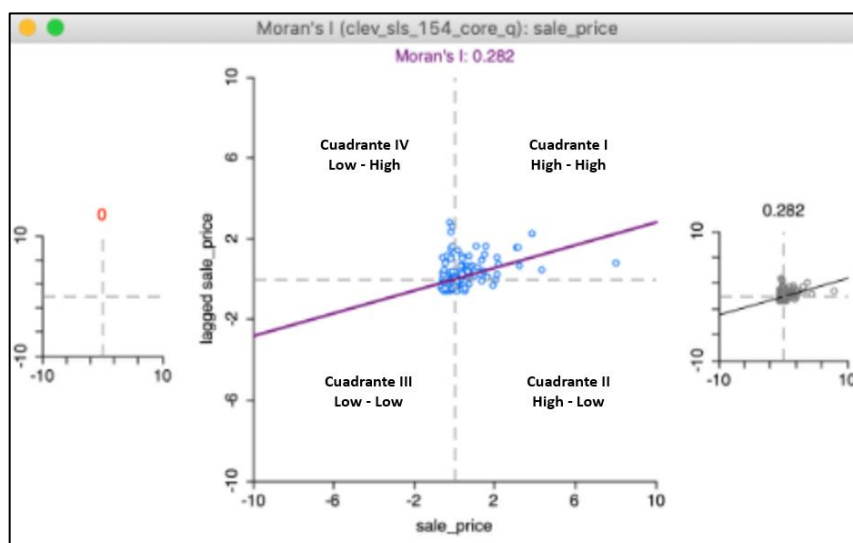


Figura N° 2.8 Cuadrantes en el gráfico de dispersión de Moran.

Fuente: Documentación Geoda.

2.6.4. Estadístico de Getis-Ord

Getis y Ord (1992) sugirieron una clase temprana de estadísticas para la autocorrelación espacial local, y se detalló en un estudio posterior realizado por ellos mismos en 1995, del cual se deriva una lógica de análisis de patrón de puntos. La estadística consistía en una relación entre el número de observaciones dentro de un rango dado de un punto y el recuento total de puntos.

En una forma más general, la estadística se aplica a los valores en las ubicaciones vecinas (según lo definido por las ponderaciones espaciales). Hay dos versiones de la estadística. Estas se diferencian en que uno tiene en cuenta el valor en la ubicación dada (G_i^*), y el otro no (G_i). Para el caso del análisis espacial, se emplea el estadístico G_i^* , cuya formulación matemática se presenta en la Ec. 25:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \dots (25)$$

Donde x_j es el valor del atributo del evento j , w_{ij} es el peso espacial entre el evento i y j , n es igual al número de eventos y $\bar{X}$ y S , que representan a la media y la desviación estándar, que se calculan a partir de la Ec. 26 y Ec. 27, respectivamente.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \dots (26)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \dots (27)$$

Se debe de tener en cuenta que, para este caso, el denominador es constante en todas las observaciones y simplemente consta de la suma total de todos los valores del conjunto de datos. La estadística de Getis-Ord es la relación de los valores medios en una ventana centrada en una observación y la suma total de las observaciones.

La interpretación de las estadísticas de Getis-Ord es muy sencilla: un valor mayor que la media (o, un valor positivo para un valor z estandarizado) sugiere un agrupamiento del tipo Alto-Alto (High – High) o un punto caliente. Por otro lado, un valor menor que la media (o, negativo para un valor z) indica un agrupamiento de tipo Bajo – Bajo (Low – Low) o un punto frío. A diferencia de las estadísticas del índice de Moran, el enfoque del indicador espacial de Getis - Ord no tiene en cuenta los valores atípicos espaciales, como lo representan los valores tipo Alto – Bajo (High – Low) o Bajo – Alto (Low - High).

Por último, el valor de la puntuación z_G se calcula de la siguiente forma:

$$z_G = \frac{G - E[G]}{\sqrt{V[G]}} \dots (28)$$

Donde $E[G]$ y $V[G]$ representan el valor esperado y observado del estadístico G los cuales se calculan de la Ec. 29 y Ec. 30, respectivamente.

$$E[G] = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{n(n-1)}, \forall i \neq j \dots (29)$$

$$V[G] = E[G^2] - E[G]^2 \dots (30)$$

Capítulo III: Metodología de estudio

3.1. Hipótesis

Mediante el desarrollo de un análisis que involucre el uso de conceptos de estadística geoespacial para la evaluación espacio temporal es posible evaluar los niveles de accidentalidad vial en el distrito de San Isidro, a través de una herramienta SIG, a partir de la base de datos de accidentes de tránsito no georreferenciados, logrando identificar puntos negros a partir de patrones de agrupamiento validados estadísticamente.

3.2. Metodología de trabajo

Como parte de la metodología de estudio se describe a continuación el proceso que se ha seguido para realizar la evaluación de las estadísticas espaciales, que es uno de los propósitos del presente estudio.

El objetivo de la tesis es desarrollar un análisis bajo los conceptos de la estadística geoespacial de la evaluación espacio temporal de los niveles de accidentabilidad vial en el distrito de San Isidro, haciendo uso de herramientas SIG de cálculo y poder así, identificar los puntos negros dentro de la zona de estudio, que después derive en una adecuada intervención vial de las mismas.

Por lo tanto, es de vital importancia para la realización del presente estudio la etapa de recolección de datos y la sistematización de estos.

3.2.1. Alcance de estudio

En la primera parte se realizó la recolección de datos, trabajo que está orientado a completar un registro de los accidentes de tránsito ocurridos entre los años 2016 y 2019 en el distrito de San Isidro. La primera base de datos de accidentes de tránsito fue facilitada por la comisaría de San Isidro, en la que se encontraban registrados los accidentes de los siete primeros meses del año 2016. Cabe precisar que, del registro de accidentes proporcionado inicialmente, los accidentes registrados entre enero y abril del 2016 correspondían a ocurrencias denunciadas en la Comisaría de Orrantía del Mar, y el resto de los accidentes denunciados correspondían a datos tomados de la Comisaría de San Isidro.

Posteriormente, con el propósito de generar un base de datos más robusta se realizaron tres solicitudes: la primera, una carta de presentación tramitada en Dirección de Escuela Profesional en la que conste que el propósito de acceder a esta información tenía un fin netamente académico, dirigida al comandante de la comisaría de San Isidro, con la cual se pudo completar el registro de accidentes de los meses pendientes del año 2016 y de todo el año 2017.

Finalmente, y con la finalidad de ampliar la base de datos de los años de estudio, se realizaron sendas solicitudes para acceder a los accidentes de tránsito registrados en los años 2018 y 2019, tanto para la Comisaría de San Isidro y Orrantía del Mar. Todos los documentos en mención se presentan en el Anexo A – Solicitud de información.

En la Figura N° 3.1 se muestra la ubicación de las comisarías de San Isidro y Orrantía del Mar, y el área de jurisdicción de cada una de estas dependencias dentro del distrito.

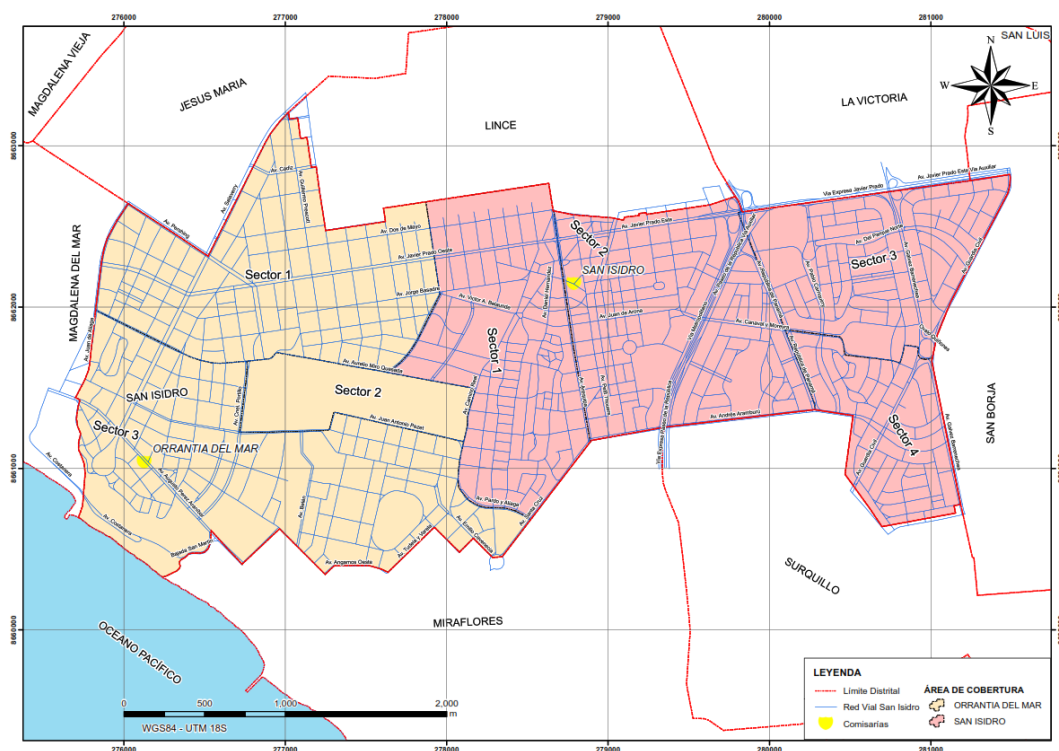


Figura N° 3.1 Comisarías en el distrito de San Isidro.

Fuente: Elaboración propia.

Ya que el acceso a esta información se realiza mediante el ingreso a un sistema web denominado SIDPOL (Sistema de Denuncias Policiales), a la cual solo tienen

acceso policías designados por el comisario de la entidad correspondiente, se indicó que la toma de la información solo podría realizarse dentro de las instalaciones de la comisaría, bajo la supervisión del personal de turno. Esto con motivo de que la información a la que se tuvo acceso no es de dominio público.

Dentro del sistema SIDPOL, es necesario seleccionar la comisaría y el periodo de la cual se quiere conocer las denuncias registradas. En la Figura N° 3.2, se muestra el formato estándar en la que se suele registrar una denuncia del tipo accidente de tránsito y en el Anexo B – Formato de denuncia se adjuntan tres registros de denuncias que se redactan relacionadas a los accidentes de tránsito.

POLICIA NACIONAL DEL PERU		COMISARIA PNP	
REGPOL - LIMA		ORRANTIA	
Fecha Imp : 31/12/2018 16:11 Hrs		O.P Imp. : CMDTE. PNP DANIEL OSWALDO SANCHEZ SAAVEDRA	
1 Nro de Orden : 6629888 Clave : GQfaHC27			
----- ESTO NO ES COPIA CERTIFICADA -----			
Tipo	OCURENCIA	2 Fecha y Hora Registro	08/01/2016 15:25:28 Hrs.
Formalidad	ESCRITA	Fecha y Hora Hecho	08/01/2016 12:20:00 Hrs.
3 Condición de la Denuncia		[TRAN] OCURENCIA DE CALLE - COMUN Nro : 2	
TIPIFICACION			
TRANSITO/ACCIDENTES DE TRANSITO/ATROPELLO/ATROPELLO			
4 UBICACION			
LIMA / LIMA / SAN ISIDRO / AVENIDA AURELIO MIRO QUESADA 0 SANTA ROSA			
5 CUADRA : 8			
IMPLICADO			
1) [REDACTED], CON FECHA DE NACIMIENTO [REDACTED], ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : [REDACTED], DIRECCION : LIMA / LIMA / SAN ISIDRO : [REDACTED]			
6 PEATON			
1) [REDACTED], CON FECHA DE NACIMIENTO [REDACTED], ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : [REDACTED], DIRECCION : LIMA / LIMA / CHORRILLOS : [REDACTED]			
7 VEHICULO(S)			
1) AUTOMOVIL - MARCA : HONDA - MODELO : NO INDICA - PLACA : BOQ289 - COLOR : - AÑO FAB : - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :			
8 CONTENIDO			
EL INTERVINIENTE, OPERADOR DE LA MOVIL PL-7562, DA CUENTA QUE POR ORDEN DE LA CENTRAL DE LA CIA ORRANTIA, FUERON DESPLAZADOS A LA AV. MIRO QUESADA C-8/ CON AV. FLORES, PARA CONSTATAR UN ACCIDENTE DE TRANSITO, EN EL LUGAR NOS ENTREVISTAMOS CON LA SRA. [REDACTED], CON DNI [REDACTED], SOLTERA, AMA DE CASA, Y CON DOMICILIO EN LA AV. AURELIO MIRO QUESA 270. DPTO. 1101 N SAN ISIDRO, QUIEN REFIERE QUE IBA CONDICIENDO SU VEHICULO AUTOMOVIL "HONDA", CIVIC, COLOR PLATA SATINADA, DE PLACA BOQ-289 POR LA CDRA. 06 DE AV. MIRO QUESADA DE OESTE A ESTE, EN CIRCUNSTANCIAS QUE SE CRUZO UN PEATON POR EL CARRIL DERECHO INTEMPESTIVAMENTE FRENANDO Y GOLPEÁNDOLO SUAVEMENTE CAYÉNDOSE AL SUELO, DE INMEDIATO SE HIZO PRESENTE LA AMBULANCIA 202 DE JESÚS MARÍA AL MANDO DEL SECCIONARIO ANTONIO SÁNCHEZ FLÓREZ, CONDUCIÉNDOLO A LA CLÍNICA EL GOLF DE SAN ISIDRO. 02. EN EL LUGAR (CLÍNICA EL GOLF) FUE ATENDIDO POR LA DRA. SILVIA GÓMEZ, LA CUAL NOS DIO UN DIAGNOSTICO PRELIMINAR: POLI CONTUSO, SIENDO IDENTIFICADO POR EL SUSCRITO EL SR. [REDACTED] (70) CON DNI N° [REDACTED], DA CUENTA PARA LOS FINES DEL CASO			

Figura N° 3.2 Modelo de denuncia de accidente de tránsito.

Fuente: Sistema de Denuncias Policiales (SIDPOL).

Se puede observar que tipo de información es necesario identificar para facilitar la recolección de datos. Aunque no todas las denuncias policiales toman la misma información, principalmente porque son diversos los criterios empleados al ser diferentes efectivos policiales los que realizan este trabajo, es posible decir que la mayoría de las denuncias de accidentes de tránsito recogen como mínimo en un 90% la siguiente información señalada en misma Figura N° 3.2, como se detalla a continuación:

- Número de Orden: número de registro de la denuncia
- Fecha y Hora del Hecho: dato aproximado, según la versión del denunciante.
- Tipificación: a criterio del efectivo que toma la denuncia, con base en la versión recibida por parte del denunciante.
- Ubicación: lugar donde se ha suscitado el accidente de tránsito
- Implicado: para el caso de otros tipos de accidentes (como el caso de los choques) se presentan los nombres de los conductores involucrados.
- Peatón: Por lo general, aparece cuando se registra un accidente de tránsito del tipo atropello, como el del caso mostrado en la Figura N° 3.2.
- Vehículo(s): se menciona el tipo de vehículos implicados en el accidente de tránsito.
- Contenido: esta sección de la denuncia es de suma importancia, ya que es posible detectar detalles más precisos del accidente ocurrido, siendo por lo general información referida a la tipificación del accidente, número de víctimas o ubicación de este, que muchas veces es inexacta o imprecisa, como puede ser el caso del sentido de la vía en la que ocurrió el accidente, por citar un ejemplo.

Toda esta información se registra en un documento excel, bajo los formatos brindados por la Sección de Estadísticas de las comisarías de San Isidro y Orrantía del Mar, respectivamente. La base de datos del registro de accidentes de tránsito suscitados en el distrito de San Isidro se presenta en el siguiente link. <https://1drv.ms/u/s!AuBYf9PrWmLtoCKGJQdL2Tzu49Vn?e=6d6zhS>.

3.2.2. Sistematización de la información

La información recogida es una información no consolidada, en la que la toma de datos se ha llevado de manera general. Sin embargo, uno de los objetivos de este

El formato en la que se presenta la información recogida en gabinete se muestra en la Figura N° 3.3.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 3.1 a la Tabla N° 3.6 se presentan la codificación empleada según el tipo de dato registrado para los accidentes de tránsito del presente estudio.

Tabla N° 3.1 Codificación para los tipos de accidentes registrados.

TIPO DE ACCIDENTE GENERAL	CÓDIGO	TIPO DE ACCIDENTE ESPECÍFICO	CÓDIGO
ATROPELLO	1	ATROPELLO	1
		ATROPELLO Y FUGA	10
		CHOQUE Y ATROPELLO	3
CHOQUE	2	CHOQUE CON LESIONES	2
		CHOQUE POR ALCANCE	4
		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES	5

TIPO DE ACCIDENTE GENERAL	CÓDIGO	TIPO DE ACCIDENTE ESPECÍFICO	CÓDIGO
DESPISTE Y/O VOLCADURA	3	CHOQUE MÚLTIPLE	6
		CHOQUE Y FUGA	9
		VOLCADURA	8
		DESPISTE Y VOLCADURA	11
		DESPISTE	12
OTROS	4	CAIDA DE PASAJERO	7
		INCENDIO	13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.2 Codificación para el tipo de vehículos involucrados en el accidente.

ID	VEHÍCULOS PARTICIPANTES	CÓDIGO
1	AUTOMÓVIL	Au
2	CAMIONETA STATION WAGON	Sw
3	CAMIONETA PICK UP	Pu
4	CAMIONETA RURAL	CR
5	ÓMNIBUS	Om
6	CAMIÓN	Ca
7	VEHÍCULO MENOR	Vm
8	MOTOCICLETA	Mo
9	BICICLETA	Bi
10	VEHÍCULO NO IDENTIFICADO	S/I

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.3 Codificación según lugar de ocurrencia.

ID	LUGAR DE OCURRENCIA
1	AUTOPISTA
2	AVENIDA
3	CALLE
4	CRUCE DE AVENIDAS
5	CRUCE DE CALLES
6	CRUCE DE AVENIDA-CALLE
7	OTROS

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.4 Codificación según hora de ocurrencia.

ID	HORA DE OCURRENCIA	ID	HORA DE OCURRENCIA
1	00:01 - 02:00	7	12:01 - 14:00
2	02:01 - 04:00	8	14:01 - 16:00
3	04:01 - 06:00	9	16:01 - 18:00
4	06:01 - 08:00	10	18:01 - 20:00
5	08:01 - 10:00	11	20:01 - 22:00
6	10:01 - 12:00	12	22:01 - 24:00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.5 Codificación según día de la semana ocurrido el accidente.

ID	DÍA DE LA SEMANA
1	LUNES
2	MARTES
3	MIÉRCOLES
4	JUEVES
5	VIERNES
6	SÁBADO
7	DOMINGO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3.6 Codificación según el rango de edad de los involucrados.

ID	RANGO DE EDAD	CÓDIGO
1	0-5	A
2	6-12	B
3	13-18	C
4	19-25	D
5	26-60	E
6	> 60 años	F

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Análisis de la recolección de datos

Contar con datos confiables representa una prioridad para cualquier país que desea tomar medidas respecto a la seguridad vial, pues ellos son el inicio de un ciclo que tiene como objetivo tomar decisiones basadas en evidencia. Dentro de

los beneficios que se tiene de contar con una base de datos fiable en materia de seguridad vial se encuentran:

- Realizar diagnósticos más precisos.
- Obtener información pública que brinda visibilidad al problema de la seguridad vial y genera consenso en torno a las medidas que deberán implementarse.
- Incidir en mejoras respecto a la legislación vigente.
- Promover la asignación de recursos económicos en vías y sistemas de transporte más seguros.
- Fortalecer las capacidades de atención y prevención desde el área de la salud.

De esta manera el principal problema de no contar con un sistema de recolección de datos fiable es que se corre el riesgo de invertir recursos en áreas no prioritarias.

Otro problema muy común es que se suelen generar bases de datos aisladas, debido principalmente a que son diversas las instituciones en un país que se encargan de tomar este tipo de datos, como lo es el caso de los accidentes de tránsito, y no se logra realizar un trabajo en conjunto, por lo que a la fecha en el Perú aún no se cuenta con bases de datos interoperables.

A diferente nivel, los problemas que origina la información de los accidentes de tránsito son los siguientes:

- Falta de preparación de las bases de datos, ocurre principalmente porque no se cuenta con la tecnología para poder almacenarla y gestionarla correctamente;
- Ausencia de la información debido a que, ninguna institución asume la responsabilidad de recolectar este tipo de datos; y
- Falta de confiabilidad en la información, porque las fuentes de donde proviene no son certeras, o la información se encuentra desactualizada.

Los problemas antes mencionados reflejan que los datos en seguridad vial todavía no se han convertido en una prioridad, no solo para el gobierno nacional, sino también a nivel de toda la región latinoamericana, ya que aún no visibilizan que la

toma de datos de accidentes de tránsito es un trabajo sumamente importante en la realización de modelos geoestadísticos, y que estas bases de datos permiten a su vez una mejor interpretación de la información recolectada, que suelen reflejarse en la elaboración de mapas temáticos, analíticos y sintéticos de gran utilidad para el diseño de planes, programas e intervenciones preventivas a través de técnicas relacionadas al análisis geoespacial.

Este cambio llevaría, a que las autoridades relacionadas a los sectores de transporte, salud, educación y economía tomen mejores decisiones a partir de evidencia científica.

3.2.4. Recolección de datos en el Perú

Según el VII Informe Iberoamericano de Seguridad Vial publicado por la OISEVI, en 2015, la entidad encargada de la recolección de datos de accidentalidad vial a nivel nacional es la Policía Nacional del Perú (PNP), la misma que no efectúa la diferenciación entre heridos leves y graves, debido a que su ficha de recolección no especifica este atributo una vez registrado el accidente de tránsito.

Sin embargo, para ese mismo año, el INEI realizó el II CENACOM, el mismo que contuvo información relacionada con la infraestructura y equipamiento de comisarías, así como el número total y principales características de los accidentes de tránsito ocurridos en el 2014, donde se empleó una ficha de recolección de datos en la cual se diferencia las definiciones de heridos graves, heridos leves, y fallecidos.

En la Figura N° 3.4 se presenta el Anexo I del formato de ficha de recolección para la toma de información de un accidente de tránsito realizada en el CENACOM del 2011. Los datos generales considerados en esta ficha incluyen, la ubicación del accidente (si el evento ocurrió en una intersección, se proporciona los campos de Vía 1 y Vía 2), tipo de intersección, clase de accidente, causa del accidente, fecha y hora del accidente, nombre del hospital a donde fueron derivados los heridos (si los hubiera), responsable del traslado del herido y la opción de señalar quien tuvo la responsabilidad del accidente, en caso haya sido producido por el conductor, el pasajero o el peatón.

I. Datos Generales de los Accidentes de Tránsito			
CODIGO DE FICHA: _____			
UBICACIÓN DEL ACCIDENTE			
VIA 1: _____	Referencia: _____		
VIA 2: _____	_____		
CLASE DE ACCIDENTE ☐ Sin Datos ☐ Atropello ☐ Choque ☐ Caída Pasajero ☐ Volcadura ☐ Incendio ☐ Despiste ☐ Especial ☐ Amortamiento (Ferrocarril) ☐ Colisión ☐ Otros _____		ACCIDENTE Y FUGA ☐ Si ☐ No	
TIPO DE INTERSECCION ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 99			
ESQUEMA DE ACCIDENTE ☐ ☐			
CAUSAS DEL ACCIDENTE ☐ Exceso de Velocidad ☐ Imprudencia del Peatón ☐ Ebriedad del Conductor ☐ Señalización Defectuosa ☐ Falta de Luces ☐ Falta Mecánica ☐ Vía en mal estado ☐ Exceso de Carga ☐ Imprudencia del Pasajero ☐ Imprudencia del Conductor ☐ Semáforo Malogrado ☐ Carga Insegura ☐ No Determinado ☐ Otros _____		FECHAS Y HORAS DEL ACCIDENTE Fecha del Accidente: Hora del Accidente: (24 horas) Fecha de Comunicación: Hora de Comunicación: (24 horas) Fecha de Intervención: Hora de Intervención: (24 horas)	
NOMBRE DEL HOSPITAL / CLÍNICA DERIVADO: _____		RESPONSABILIDAD: Conductor ☐ DNI Pasajero ☐ DNI Peatón ☐ DNI	
TRASLADO DEL HERIDO: ☐ Policía ☐ Bomberos ☐ Ambulancia ☐ Generalista ☐ Propia Cuenta ☐ Otros _____			
DESCRIPCIÓN U OBSERVACIÓN DEL ACCIDENTE: _____ _____ _____ _____			

Figura N° 3.4 Ficha de recolección de datos de Accidentes de Tránsito.

Fuente: Anexo I - CENACOM 2011.

3.2.5. Preprocesamiento del registro de accidentes de tránsito

Luego de revisar la base de datos de accidentalidad se generó una entidad vectorial que poseen una geometría tipo punto proyectándose sobre el sistema de coordenadas UTM Zona 18S, datum WGS84. Existen varios eventos que poseen la misma ubicación, sin embargo, se evitó superponerlos ya que es poco probable que dos eventos se hayan producido en el mismo lugar de manera exacta. Se ha respetado la información referente al sentido de la vía donde se ha registrado el accidente sobre todo en aquellas vías caracterizadas del tipo doble sentido.

En el Anexo II de la misma ficha que se presenta en la Figura N° 3.5, sirve para la toma de datos de los vehículos involucrados (entre los que se puede encontrar hasta 16 tipologías diferentes), el punto de impacto del vehículo perjudicado, y los datos de los vehículos (placa, marca, modelo, año de fabricación, etc.).

II. Datos de los Vehículos Involucrados												
TIPOS DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS					PUNTO DE IMPACTO							
1 Automóvil	Cantidad		10 Semi-Remoque	Cantidad								
2 Camioneta			11 Remoque									
3 Furgoneta			12 Motocicleta									
4 Ómnibus			13 Mototaxi									
5 Microbus			14 Bicicleta									
6 Camioneta Rural			15 Triciclo									
7 Bus Interprovincial			16 Maqui. Agrícola de construc.									
8 Trailer			17 No Especifica									
9 Camión			99 Otros									
DATOS DE LOS VEHÍCULOS												
N°	VEHÍCULO / PLACA	TIPO	PTO. IMPACTO	MARCA	MODELO	AÑO	MODO			TIPO DE SERVICIO	ruta	SENTIDO DE CIRC.
							Estacionado	Detenido	Marcha			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Figura N° 3.5 Ficha de recolección de Accidente de Tránsito.

Fuente: Anexo II - CENACOM 2011.

Por último, el Anexo III-a, que se presenta en la Figura N° 3.6, sirve para el registro de información referida al conductor relacionada al tipo y número de licencia que posee, sexo, edad, estado civil, ocupación y gravedad de la lesión (en caso haya resultado herido del accidente), y el Anexo III-b, que se presenta en la Figura N° 3.7, para el registro de información referida a los pasajeros o peatones involucrados en el accidente de tránsito, como el número de DNI, sexo, edad, estado civil, ocupación y gravedad de la lesión que presentan (de ser el caso), complementando la información registrada en los Anexos I y II, antes descritos.

CONDUCTOR 1		TIPO DE LICENCIA		SEXO		EDAD		ESTADO CIVIL		DIRECCION:		DNI	
0 Sin Licenc.	6 A-III-c	1 Masculino		1 Soltero		1 Fatal		1 Profesional / Empresario					
1 A-I	7 A-IV	2 Femenino		2 Casado		2 Herido Observado		2 Empleado					
2 A-II-a	8 B-I	3 NE		99 Otros		3 Herido De Alta		3 Obrero					
3 A-III-a	9 B-II-a					4 Leve		4 Ama de Casa					
4 A-II-b	10 B-II-b					5 Ileso		5 Estudiante					
5 A-III-b	11 B-II-c							6 Jubilado					
N° DE LICENCIA	99 Otros							7 Sin Ocupación					
								8 NE					

Figura N° 3.6 Ficha de recolección de datos de Accidentes de Tránsito.

Fuente: Anexo III-A - CENACOM 2011.

PASAJEROS / PEATONES																											
PLACA DEL VEHICULO INVOLUCRADO	INDIVIDUO INVOLUCRADO			DNI	SEXO			EDAD	LESION							ESTADO CIVIL				OCUPACION							
	Pasajero	Peatón	NE		M	F	NE		F	HO	HDA	L	I	S	C	OTROS	P/E	E	O	AC	Est.	J	S/O	NE			

Figura N° 3.7 Ficha de recolección de datos de Accidente de Tránsito.

Fuente: Anexo III-b - CENACOM 2011.

Como se aprecia, registrar este tipo de información mediante este tipo de formatos se vuelve una tarea muy engorrosa, en la que probablemente no se pueda tomar toda la información indicada en dichas fichas, pero que, sin lugar a duda, ha servido como un buen precedente para los formatos que emplean las dependencias de estadísticas de las comisarías a nivel nacional en la toma de denuncias relacionadas a un accidente de tránsito.

3.2.6. Base de datos validada

En la Tabla N° 3.7 se presenta un resumen de la cantidad de registros de accidentes de tránsito proporcionados por el INEI mediante los CENACOM realizados entre los años 2011 y 2017. En esta base de datos se observa un subregistro de accidentes de tránsito para el área de estudio, en comparación a la base de datos generada a partir del registro de accidentes proporcionado por las dos comisarías que funcionan en San Isidro.

Tabla N° 3.7 Registro de Accidentes de Tránsito en San Isidro.

Año	Dependencia		% AT's
	San Isidro	Lima Metropolitana	
2011	175	8126	2.15
2012	175	8133	2.15
2013	175	7919	2.21
2014	175	8475	2.06
2015	175	8588	2.04
2016	175	8490	2.06
2017	150	7439	2.02
Total	1200	57170	2.10

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, partiendo de la premisa que, los accidentes de tránsito que figuran en la base de datos revisada del CENACOM realizada para el periodo 2011 - 2017 han sido seleccionados de forma aleatoria, se valida la consistencia de la base de datos elaborada para el presente estudio.

Para ello, se presenta la Tabla N° 3.8, donde se muestra la distribución de accidentes de tránsito según su tipo para cada año, además del promedio y la desviación estándar, con lo cual se induce un rango del mínimo y máximo valor para cada tipo de accidente.

Tabla N° 3.8 Distribución de Accidentes de Tránsito según el Tipo de Accidente.

Año	Tipo de Accidente de Tránsito				Total
	Atropello	Choque	Despiste y Volcadura	Otro	
2011	8.6%	82.3%	6.3%	2.8%	100%
2012	6.3%	84.0%	6.3%	3.4%	100%
2013	7.4%	83.5%	7.4%	1.7%	100%
2014	6.9%	82.8%	6.9%	3.4%	100%
2015	12.0%	81.7%	5.7%	0.6%	100%
2016	12.1%	74.8%	10.8%	2.3%	100%
2017	6.7%	85.3%	4.7%	3.3%	100%
Promedio	8.6%	82.1%	6.8%	2.5%	-
Desv. Estándar	±2.5%	±3.4%	±1.9%	±1.0%	-
Rango Inferior	6.1%	78.7%	4.9%	1.5%	-
Rango Superior	11.1%	85.5%	8.7%	3.5%	-

Fuente: CENACOM - INEI.

De la misma manera, para la validación de la base de datos elaborada para el presente estudio, se presenta la Tabla N° 3.9, en la cual se muestra de manera análoga a la tabla anterior, la distribución de accidentes según su tipo para el periodo 2016 – 2019.

Tabla N° 3.9 Distribución de Accidentes de Tránsito según el Tipo.

Año	Tipo de Accidente de Tránsito				Total
	Atropello	Choque	Despiste y Volcadura	Otro	
2016	10.3%	78.7%	7.6%	3.4%	100%
2017	10.6%	78.3%	9.3%	1.8%	100%
2018	8.5%	79.6%	8.6%	3.3%	100%
2019	8.0%	78.9%	8.0%	5.1%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Consecuentemente, en base a los resultados presentados en la Tabla N° 3.8 y Tabla N° 3.9, se ha logrado validar que todos los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos en la primera tabla, a excepción de dos: el 9.3% que corresponde al porcentaje de accidentes del tipo “Despiste y Volcadura” ocurridos en el 2017 (para el cual el rango establecido se encuentra entre 4.7% y 8.7%), y el 5.1% de los accidentes del tipo “Otros” del año 2019, cuyo rango determinado se encuentra entre 1.5% y 3.5%.

Cabe precisar que los accidentes de tránsito que figuran en la CENACOM del año 2016 y 2017 no han sido tomados en cuenta como parte de la elaboración de la nueva base de datos que se ha generado para el desarrollo del presente estudio. Una descripción con mayor detalle de las estadísticas obtenidas para la base de datos elaborada del registro de accidente de tránsito para este estudio se presenta en la sección 4.2.

Capítulo IV: Análisis espacial de accidentalidad vial en el distrito de San Isidro

4.1. Caso de estudio: Distrito de San Isidro

El distrito de San Isidro se encuentra ubicado en el centro-oeste del conjunto de los 49 distritos que comprende el Área Metropolitana de Lima, que limita al norte con los distritos de Lince, La Victoria y Jesús María, al este con San Borja, al sur con Surquillo y Miraflores y al oeste con Magdalena del Mar y el Océano Pacífico. Posee un área de 9.94 km² y se encuentra a un promedio de 109 m.s.n.m. Además, tiene una caracterización socioeconómica que difiere del perfil general de Lima ya que:

- Tiene una población de unos 69 409 habitantes (población proyectada al 2022) con un nivel de renta alto que se refleja, entre otros elementos, en su elevado índice de motorización (360 vehículos por cada 1 000 habitantes, el cual se encuentra sobre el promedio de Lima el cual es 160 vehículos por cada 1 000 habitantes) y su movilidad realizada predominantemente en transporte privado.
- Un empleo mayor que duplica su población, ya que San Isidro es el centro económico y financiero de Lima y del Perú.

El distrito de San Isidro cumple un rol de importancia estratégica dentro del área central de Lima Metropolitana, condición singular que lo convierte en foco de atracción para la inversión inmobiliaria, generando la intensificación del uso de suelo y una fuerte presión para el cambio de su estructura urbana e infraestructura de servicios, así como el desarrollo ordenado de las actividades económicas y sociales compatibles con la zonificación urbana.

4.1.1. Diagnóstico urbano distrital

Por el distrito de San Isidro cruzan, en el sentido este - oeste, la vía expresa metropolitana Av. Javier Prado, mientras que, en el sentido norte – sur, la vía expresa metropolitana Av. Paseo de la República. Además, sobre el distrito se localizan importantes vías colectoras como Av. República de Panamá, Av. Arequipa, Av. Petit Thouars, Av. Arenales, Av. Camino Real y Av. Salaverry. Estas generan una desarticulación de los sectores residenciales 1, 2 y 3 con

respecto al sector 5; originando el sector 4 en que se constituye como centro financiero, comercial y empresarial del distrito.

San Isidro nace, se desarrolla y consolida urbanísticamente como un distrito residencial de baja densidad, de alta calidad residencial y con una población perteneciente prioritariamente a los sectores socioeconómicos A y B, por consiguiente, la infraestructura vial siempre ha estado dimensionada para atender un parque automotor reducido y de escasa movilidad.

La dinámica del sector inmobiliario presiona por intervenir en el distrito de San Isidro con nuevas edificaciones de alta densidad en forma indiscriminada, generando mayor densificación, vías saturadas, mayor uso del espacio público, incremento en la producción de aguas residuales, residuos sólidos, contaminación, degradación ambiental producto de la emisión de CO₂; e incidencia delictiva.

En la Figura N° 4.1 se muestra el mapa de Uso de Suelos de San Isidro acorde a lo descrito anteriormente.

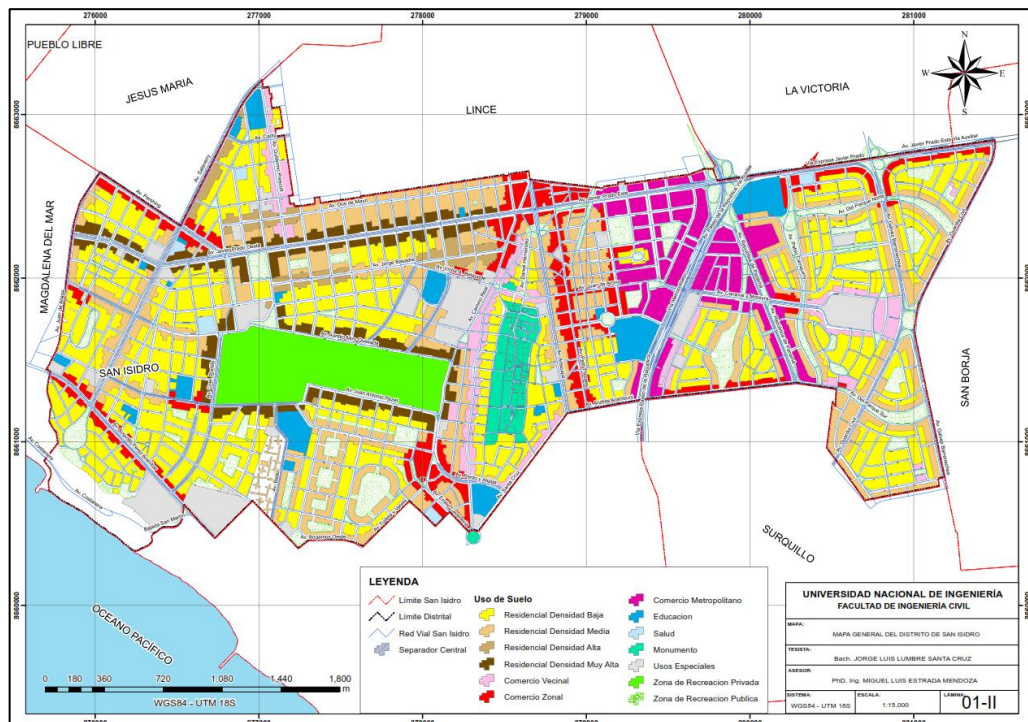


Figura N° 4.1 Mapa de Uso de Suelos del distrito de San Isidro.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Sistema vial

La concepción urbana de la red vial del distrito de San Isidro no corresponde a un planeamiento racional, sino a un crecimiento desordenado ocasionado por urbanizaciones que no han sido estudiadas en conjunto, resultando una mezcla de zonas antiguas, medias y modernas, con vías principales que presentan problemas de trazo e intersecciones que no permiten un tránsito fluido.

Actualmente el Área Metropolitana de Lima posee una red vial jerarquizada según lo establecido en la Ordenanza N°341- MML, la cual clasifica las vías a nivel metropolitano de acuerdo con su importancia, funcionalidad y al servicio que prestan, siendo de cuatro tipos: vías expresas, arteriales, colectoras y locales, cuyas características se describen a continuación:

a. Vías expresas

- Soporta importantes flujos vehiculares;
- Circulación a alta velocidad, condiciones de flujo libre;
- Une zonas de importante tránsito;
- De flujo ininterrumpido (no existen cruces a nivel con otras vías); y
- Servicio de transporte público a través de calzadas exclusivas.

b. Vías arteriales

- Llevan apreciables volúmenes de tránsito;
- Velocidades medias de circulación;
- Requiere construcción de pasos a desnivel o intercambios con vías arteriales o colectoras;
- El diseño de intersecciones debe considerar carriles para volteos; y
- El transporte público de pasajeros puede realizarse por calzadas o carriles segregados con paraderos debidamente diseñados.

c. Vías colectoras

- Lleva el tránsito desde un sector urbano hacia las vías arteriales o expresas;
- Prestan vías de servicio a las propiedades adyacentes;
- El flujo vehicular es interrumpido por intersecciones semaforizadas en los cruces con vías arteriales y otras vías colectoras; y

- Apropriada para la circulación del transporte público.

d. Vías locales

- Su función principal es la de proveer acceso a los predios o lotes de las áreas urbanas.

La Tabla N° 4.1 presenta las vías clasificadas según lo que señala la Ordenanza N°341 – MML y que cruzan el distrito de San Isidro:

Tabla N° 4.1 Clasificación de la Red Vial en el distrito de San Isidro.

ID	Sección	Vía	Tramo
1.	EXPRESAS		
1.1	E-06	Circuito de Playas	Regatas - Marbella
1.2	E-16	Paseo de la República	Plaza Grau – Av. República de Panamá
1.3	E-33	Javier Prado	Av. Sánchez Carrión - Panamericana Sur
2.	ARTERIALES		
2.1	A-11	Angamos	Av. Del Ejército - Av. Santa Cruz
2.2	A-59	Del Ejército	Jr. Polar - Malecón
2.3	A-134	República de Panamá	Óvalo Balta – Av. Aramburú
2.4	A-136	Salaverry	Av. Del Ejército - Plaza Jorge Chávez
3.	COLECTORAS		
3.1	C-36	Andrés Aramburú	Av. Arequipa – Av. Paseo de la República
3.2	C-37	Arenales	Av. 28 de Julio - Av. Javier Prado
3.3	C-38	Arequipa	Av. 28 de Julio - Av. Pardo y Aliaga
3.4	C-70	Camino Real	Av. Javier Prado - Av. Paz Soldán
3.5	C-71		Av. Paz Soldán - Calle Choquehuanca
			Calle Choquehuanca - Av. Pezet
			Av. Pezet - Av. Cavenecia
3.6	C-85	Emilio Cavenecia	Av. Camino Real - Óvalo Gutiérrez
3.7	C-109	Alberto del Campo	Av. Salaverry – Av. Juan de Aliaga
3.8	C-110	Del Parque Norte	Av. Gálvez Barnechea - Av. Guardia Civil
3.9	C-142	Guardia Civil	Calle 4 - Prolong. Paseo de la República
3.10	C-259	Javier Prado	Av. Sánchez Carrión - Av. Brasil
3.11	C-310	Santa Cruz	Av. Arequipa - Av. Pardo y Aliaga
3.12	C-332	Petit Thouars	Av. 28 de Julio - Calle Chichón

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 4.2 se presenta un plano con la clasificación de la red de vías del distrito de San Isidro.

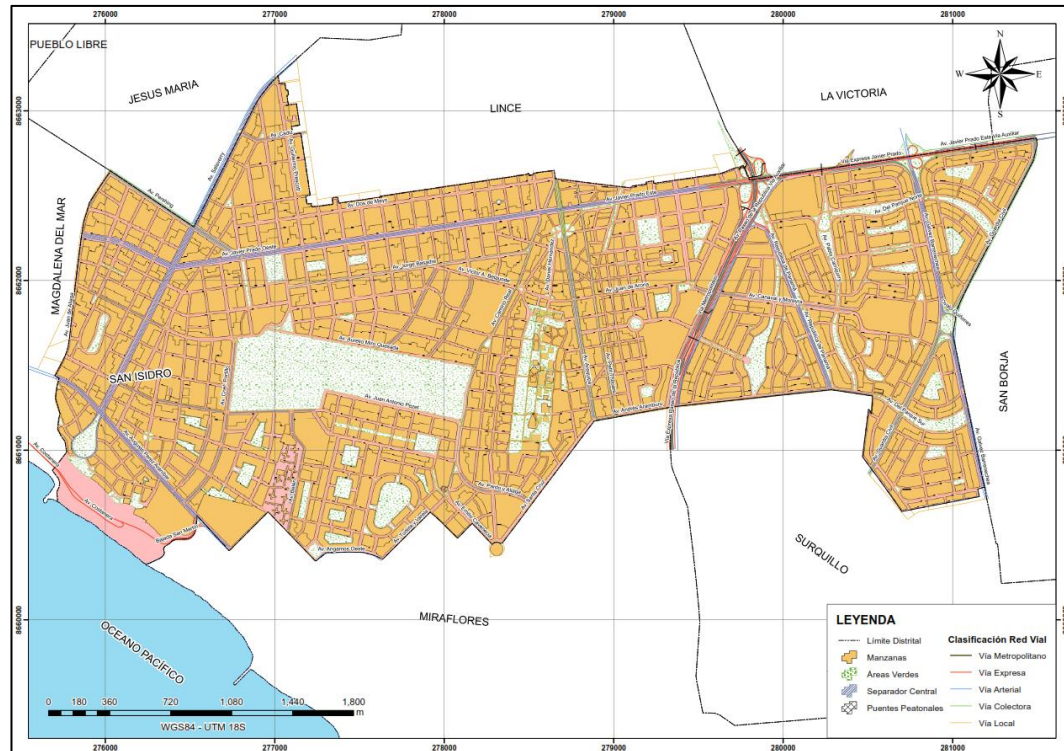


Figura N° 4.2 Mapa del Sistema Vial de San Isidro.

Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta estructura vial se puede apreciar que si bien el distrito posee vías del tipo expresa, arterial y colectora que lo atraviesan de norte a sur y viceversa, carece de vías que lo atraviesan en sentido este-oeste y oeste - este, limitándose sólo a las vías de la periferia como son la Av. Javier Prado (tipo expresa) y el eje Aramburú – Santa Cruz (tipo colectora).

Dicho problema se acentúa aún más debido a que la Av. Javier Prado viene funcionando actualmente como una vía arterial dado que aún no se han desarrollado las obras de infraestructura que eviten los cruces a nivel y que cumplan la función de vía rápida, con un acondicionamiento acorde al de una vía expresa, siendo esto competencia directa de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

De acuerdo con la norma antes citada la Municipalidad Metropolitana de Lima, tiene injerencia directa sobre la red vial básica (vías expresas, arteriales y colectoras), mientras que las vías locales de San Isidro son de responsabilidad directa del municipio distrital, lo que en la práctica no se observa ya que es San

Isidro quien se encarga del mantenimiento, señalización y administración de la red vial metropolitana, dentro de su jurisdicción.

4.1.3. Ejes desarrolladores

Los ejes de desarrollo, generados por las vías principales, como entes articuladores definen los lineamientos que conforman la delimitación de espacios urbanos homogéneos; al mismo tiempo trasladan sus impactos sobre los ambientes residenciales del distrito.

Por lo que, los ejes viales importantes tales como la Av. Arequipa, Av. Petit Thouars, Av. Arenales, Av. Camino Real, Av. Javier Prado, Av. Jorge Basadre, Av. Santa Cruz, Av. Salaverry, entre otros, eran suficientes para atender la demanda vehicular interdistrital, dejando a las vías locales la atención de los sectores de actividad interna.

Esta situación no se refleja actualmente debido al desarrollo de las actividades urbanas del distrito, a su crecimiento como principal Centro Financiero y a su tendencia al crecimiento vertical con la construcción de edificios con uso de oficinas, comercio, etc. lo cual ha generado un incremento sustancial de la población flotante al ser uno de los principales centros atractores y generadores de viajes.

Los ejes desarrolladores se fundan o coinciden con las vías metropolitanas que pasan por el distrito y como tal condicionan la organización espacial del distrito.

La estructura del distrito se sustenta en los Ejes de Desarrollo Jerarquizados, un eje principal desarrollador, que hace de “columna vertebral” para el distrito por su función integradora y dinamizadora, Av. Javier Prado en sentido este – oeste, de la cual se desprenden ejes transversales en el sentido norte – sur constituidos por una vía expresa (Av. Paseo de la República), vías arteriales (Av. Salaverry y Av. República de Panamá) y vías colectoras (Av. Camino Real, Av. Arequipa, Av. Petit Thouars, Av. Gálvez Barrenechea y Av. Guardia Civil).

Los ejes desarrolladores del distrito interactúan con los ejes desarrolladores del interior de cada uno de los cinco de los sectores que se describen a continuación:

- Sector 1: Eje Av. Javier Prado en el sentido oeste - este, seguido de Av. Dos de Mayo, Av. Jorge Basadre, Av. Alberto del Campo - Av. Miro Quesada; y en el sentido norte – sur: Av. Salaverry, Av. Guillermo Prescott y Calle Las Palmeras.
- Sector 2: En el sentido oeste – este el eje Av. Augusto Pérez Aranibar, Av. Alberto del Campo - Av. Miro Quesada y Av. Juan Antonio Pezet; y en el sentido norte sur Av. Salaverry, Av. Cnel. Pedro Portillo, Av. Belén y Av. Camino Real - Calle Tudela y Varela.
- Sector 3: Eje Av. Augusto Pérez Aranibar en el sentido oeste - este, Av. Alberto del Campo - Av. Miro Quesada y Av. Juan Antonio Pezet; y en el sentido norte - sur Av. Salaverry, Av. Cnel. Pedro Portillo, Av. Belén y Av. Camino Real - Av. Tudela y Varela.
- Sector 4: Eje Av. Javier Prado en el sentido oeste - este, Av. Andrés Reyes, Av. Paz Soldán - Av. Canaval y Moreyra y Calle La Habana; y en el sentido norte -sur el eje Av. Paseo de la República, Av. República de Panamá, Av. Rivera Navarrete y Calle Las Camelias.
- Sector 5: En el sentido oeste – este el eje Av. Javier Prado, Av. Del Parque Norte y Av. Canaval y Moreyra y Av. Aramburú; y en el sentido norte - sur la Av. Pablo Carriquiry, Av. Gálvez Barrenechea y Av. Guardia Civil.

Para el análisis espacial de accidentabilidad vial se ha subdividido el distrito en zonas de acuerdo con el Plan de Movilidad, el cual se resume en la Tabla N° 4.2 y se muestra en la Figura N° 4.3.

Tabla N° 4.2 Sectorización del distrito de San Isidro.

ID	Delimitación	Área (km²)
Sector 1	Av. Salaverry – Av. Sanchez Carrión – Av. Juan de Aliaga – Av. Alberto del Campo – Av. Miroquesada – Av. Santo Toribio – Ca. Las Palmeras – Av. Gral. Moran – Ca. Luis Pasteur – Ca. Ollanta – Av. Canevaro	1.97
Sector 2	Av. Juan de Aliaga – Malecón Bernales – Circuito de Playas – Bajada San Martín – Av. Perez Aranibar – Ca. José Polar – Av. Alayza y Paz Soldán – Av. Angamos – Av. Tudela y Valera – Av. Camino Real – Av. Miro Quesada – Av. Alberto del Campo	2.16
Sector 3	Ca. Las Palmeras – Av. Santo Toribio – Av. Miro Quesada – Av. Camino Real – Av. Tudela y Valera – Ca. Alfredo Salazar – Av. Cavenecia – Ovalo Gutierrez – Av. Santa Cruz – Av. Arequipa – Jr. De La Torre Ugarte	2.82

ID	Delimitación	Área (km ²)
Sector 4	Av. Arequipa – Av. Aramburú – Av. República de Panamá – Vía Expresa – Ca. Los Geranios – Ca. Gibson Moller	1.44
Sector 5	Vía Expresa – Av. República de Panamá – Av. Aramburú – Ca. 3 Sur – Av. Tomás Marsano – Ca. 32 – Av. Gálvez Barrenechea – Ovalo Quiñones – Av. Guardia Civil – Av. Javier Prado	1.72

Fuente: Elaboración propia.

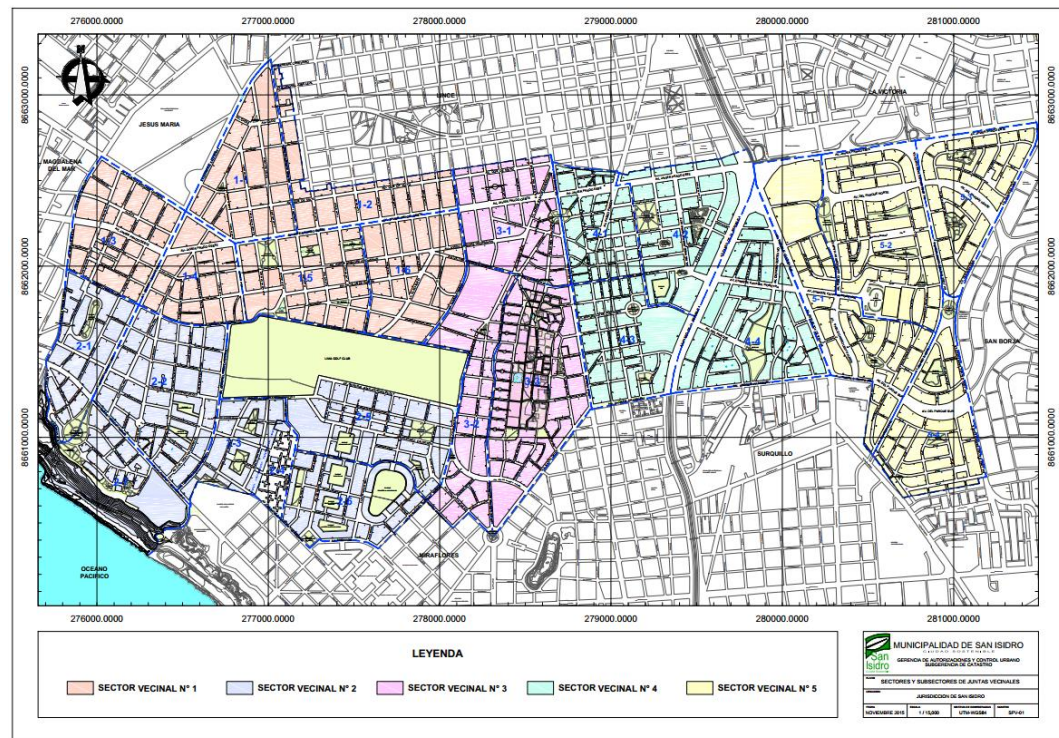


Figura N° 4.3 Sectores y subsectores de Juntas Vecinales.

Fuente: Gerencia de Autorizaciones y Control Urbano – Sub-Gerencia de Catastro (2015).

4.2. Accidentalidad vial

De acuerdo con la información estadística emitida por la PNP en el año 2006, en dicho año se registraron un total de 77 840 accidentes de tránsito en todo el Perú, con un saldo de 46 832 personas heridas y 3 481 fallecidos.

De acuerdo con el II Censo Nacional de Comisarías 2013 (información del año 2012) realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, en la capital del Perú se registraron 34 033 accidentes de tránsito, de los cuales en el distrito de San Isidro se suscitaron 575, representando aproximadamente el 1.70% de los ocurridos en Lima.

La mayoría de los accidentes se producen por la falta de respeto a la normativa de conducción. Cabe destacar que, de estos, aproximadamente el 30% se debe al exceso de velocidad, y el 70% restante se distribuye entre causas como: mal manejo y deficiencias en la operación del tránsito, las omisiones a las reglas de tránsito, el consumo de bebidas alcohólicas y la irresponsabilidad del peatón.

4.2.1. Accidentalidad vial espacial

De acuerdo con el registro de accidentes de tránsito proporcionados por las comisarías de San Isidro y Orrantía del Mar, se han registrado un total de 6 982 accidentes desde enero del 2016 hasta diciembre del 2019. A partir de la Tabla N° 4.3 y la Figura N° 4.4 se aprecia que la mayor cantidad de accidentes se han registrado en la Comisaría de San Isidro, con un aproximado de 65.54% de accidentes. Por otra parte, el año 2017 es aquel donde se registraron la mayor cantidad de accidentes en el distrito con un aproximado del 25.94%, siendo el año 2019 aquel donde se registraron la menor cantidad de accidentes (23.37%), principalmente por un descenso en el registro de esta clase de eventos en el área de cobertura de la comisaría de Orrantía del Mar.

Tabla N° 4.3 Registro de Accidentes de Tránsito en el distrito de San Isidro.

Comisaría	Año				Total
	2016	2017	2018	2019	
Orrantía del Mar	610	673	635	488	34.46%
San Isidro	1 162	1 138	1 132	1 144	65.54%
Total	25.38%	25.94%	25.31%	23.37%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

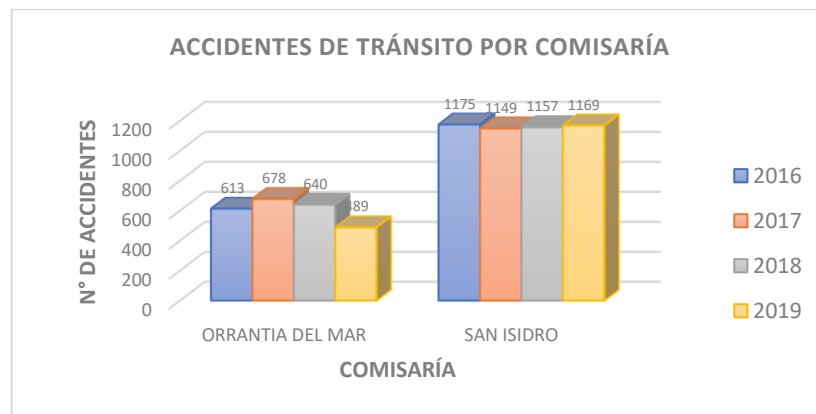


Figura N° 4.4 Registro de Accidentes de Tránsito por Comisaría.

Fuente: Elaboración propia.

En base a la totalidad de registros, se realizó un trabajo de depuración de aquellos que no contaban con la información suficiente para ser georreferenciados correctamente (principalmente en aquellos casos en los que los accidentes se localizaron en una calle o avenida donde no se indicaba a que cuadra correspondía). También se eliminaron registro de accidentes duplicados, y para el tema del análisis espacial al ser a nivel urbano, no se consideraron aquellos localizados sobre las vías expresas (Vía Expresa Paseo de la República y Vía Expresa Javier Prado). En total, se han eliminado 88 registros, los cuales se presentan en detalle en la Tabla N° 4.4, por comisaría y según el año, de manera análoga a la cantidad de registros totales presentados en la Tabla N° 4.3.

Tabla N° 4.4 Registro de accidentes de tránsito eliminados.

Comisaría	Año				Total
	2016	2017	2018	2019	
Orrantía del Mar	3	5	5	1	14
San Isidro	13	11	25	25	74
Total	16	16	30	26	88

Fuente: Elaboración propia.

Una vez depurada la base de datos de accidentes de tránsito, en la Figura N° 4.5 se presenta la distribución de los accidentes de tránsito teniendo como referencia a los cinco sectores en los que se encuentra subdividido el distrito de San Isidro. El sector 4 es aquel donde se producen la mayor cantidad de accidentes de tránsito, registrando aproximadamente el 31.2% del total de eventos, seguido del sector 1, donde se ha registrado un 25.6% de accidentes de tránsito. Por otro lado, los sectores 3 y 5 son los que muestran cantidades de ocurrencias casi similares, con porcentajes que se aproximan al 16.7% y 15.9% del total de registros, respectivamente. Por último, el sector 2 es aquel que presenta el menor registro de accidentes de tránsito, con un aproximado de 10.6% del total de registros, lo que podría justificarse en base a que en este sector predomina un uso de suelo del tipo residencial de baja densidad, que ocasionalmente podría guardar relación con la baja circulación vehicular por las vías de estos sectores, a diferencia del sector 4 donde se presenta la mayor cantidad de accidentes, y donde el uso de suelo predominante es del tipo Comercio Metropolitano.

Haciendo una comparación anual se puede reflejar una disminución del número de accidentes registrados en los sectores 1 y 2 para el año 2019, tal y como lo

muestra la Figura N° 4.4, sectores que son cubiertos por la comisaría de Orrantía del Mar.

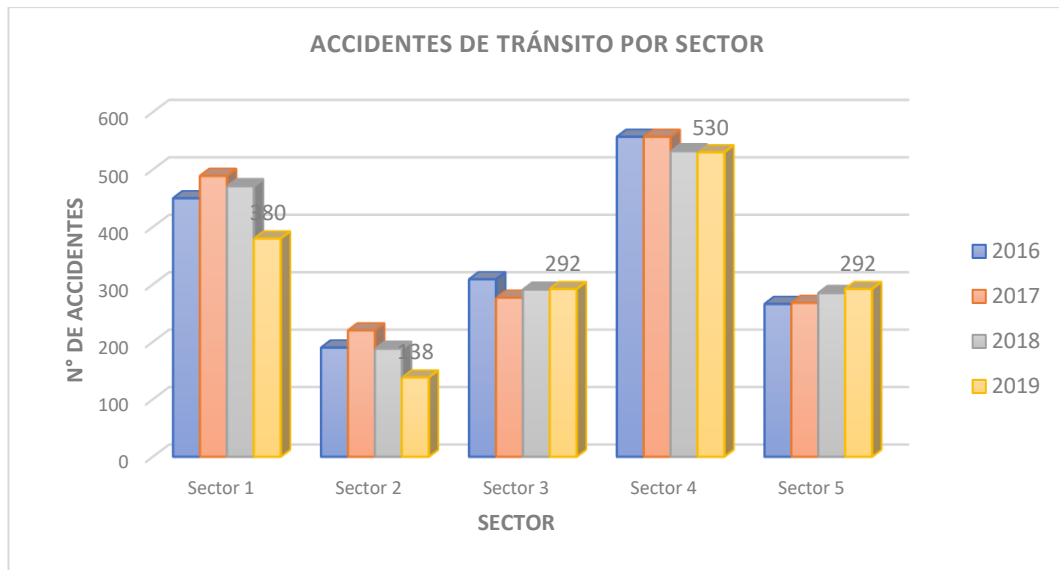


Figura N° 4.5 Distribución de accidentes de tránsito por sector.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Accidentalidad vial temporal

Teniendo en consideración la dinámica del distrito, es entre semana donde se puede observar el mayor número de accidentes de tránsito. Esto se puede relacionar debido a que San Isidro se constituye no solo como un gran foco comercial sino también financiero del área metropolitana de la capital, es decir, es una zona donde no solo se concentra un alto número de comercios a nivel metropolitano, sino que además se encuentran un gran número de edificios que tienen como uso oficinas de empresas dedicadas a diferentes sectores, lo que convierte algunos puntos específicos del distrito como centros de atracción de viajes para personas que viven en los conos de la ciudad. La frecuencia de accidentes relacionada directamente con la del número de viajes sobre el distrito es menor los fines de semana, a pesar de que en San Isidro también es posible encontrar lugares para efectuar actividades de recreación como centros comerciales, cines, restaurantes, etc. El escenario descrito se refleja en la Figura N° 4.6, donde se presenta la distribución del número de accidentes de tránsito por día de la semana para cada año del periodo de estudio.

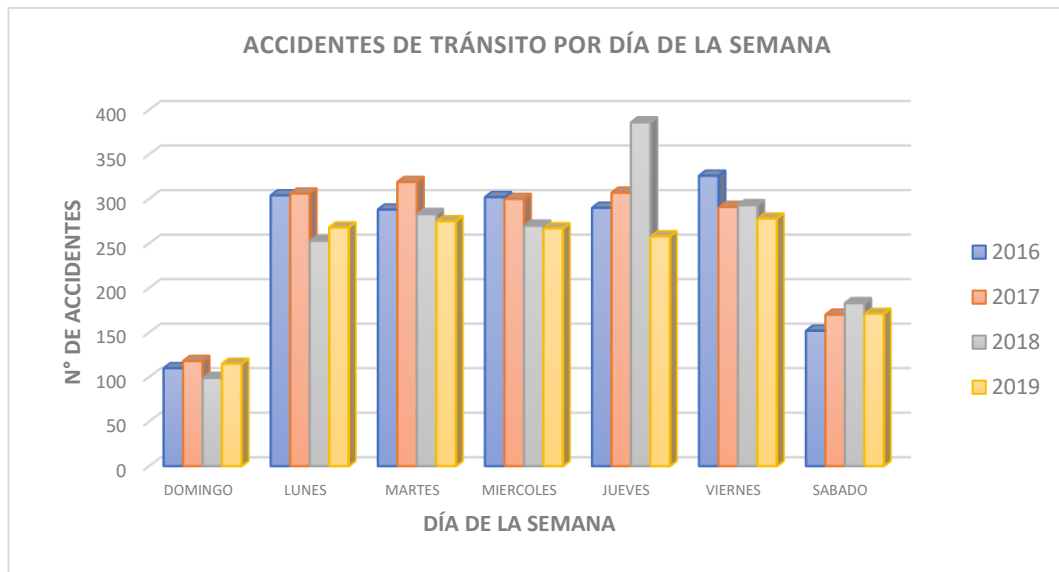


Figura N° 4.6 Distribución de accidentes de tránsito por día de la semana.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre el mismo efecto de temporalidad, es necesario decir que, de la misma forma en que la mayor cantidad de accidentes se concentran entre lunes y viernes, la mayor cantidad de accidentes, respecto a la hora de ocurrencia, se registran entre las 8 a 10 a.m. y las 6 a 8 p.m., horas que coinciden con la hora pico de tránsito en la ciudad de Lima, asociada principalmente con el horario de ingreso y salida de personas que laboran en oficinas o concurren a centros académicos (colegios, universidades o institutos). A diferencia de otros lugares, la cantidad de accidentes que se suscitan en las horas valle (entre las 10 a.m. y 6 p.m.) se mantiene con una cantidad promedio, un poco menor a la cantidad de accidentes identificados en los rangos horarios descritos para la hora pico. Esto se puede deber a la alta demanda comercial en algunos sectores del distrito o desplazamientos de estudiantes de colegio o universidad en otros casos, donde dichas actividades se pueden llevar a cabo a lo largo del día. Pasada las 8 p.m. se refleja una disminución de la cantidad de accidentes progresivamente, hasta la medianoche. A partir de esta hora hasta las 6 a.m., los porcentajes de ocurrencia de accidentes de tránsito es menor, sin embargo, las causas vinculadas a estos accidentes principalmente están ligadas al exceso de velocidad, ya que en estas horas las vías se encuentran despejadas. El escenario descrito anteriormente se puede ver reflejado en la Figura N° 4.7.

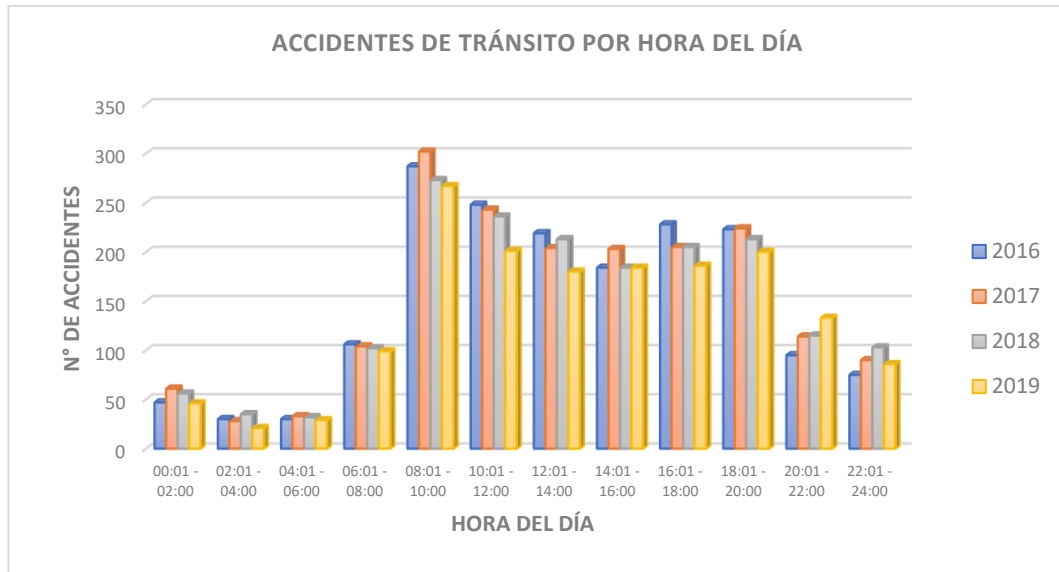


Figura N° 4.7 Distribución de accidentes de tránsito por hora de ocurrencia.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la hora del día en la que mayor cantidad de accidentes se presenta en el intervalo horario de las 8:00 a.m. hasta el mediodía, con una frecuencia un tanto menor pero significativa en el intervalo del mediodía hasta las 6:00 p.m. La cantidad de accidentes de tránsito disminuye en el intervalo de las 6:00 p.m. hasta la medianoche, registrándose la menor cantidad de accidentes de tránsito en la madrugada y las primeras horas de la mañana (00:00 hasta las 8:00 a.m.). Este comportamiento se muestra gráficamente para los cuatro años de análisis, en la Figura N° 4.7.

4.2.3. Accidentalidad vial según su tipificación

Granados et al. (2014) y Harvey et al. (2008) han tipificado los accidentes de tránsito de cuatro tipos los cuales se describen a continuación:

- Atropello: entendido como el choque entre un vehículo y un peatón;
- Choque o colisión: es el choque entre uno o más vehículos en movimiento, pudiendo ser del tipo lateral o trasera;
- Volcamiento: es la rotación de un vehículo en movimiento sobre su eje transversal o longitudinal.
- Caída de pasajero: corresponde al descenso repentino de una persona del vehículo en que se transporta.

De acuerdo con los registros de accidentes entregados por las comisarías tanto de San Isidro como de Orrantia del Mar, se identificó hasta 13 categorías en las cuales se encuentran tipificadas las ocurrencias relacionadas a los accidentes de tránsito, tal y como se presenta en la Tabla N° 3.1. Conforme a lo que indica la misma tabla se tomó como criterio agrupar estas 13 categorías en solo 4: Atropello, Choque, Despiste y/o Volcadura y Otros. En base a ello, se presenta en la Figura N° 4.8 la distribución de accidentes de tránsito según los cuatro grupos, en los que claramente se puede distinguir que la mayor cantidad de accidentes suscitados en el distrito de San Isidro corresponde a la categoría de choques, siendo más puntuales a la categoría de choques con daños materiales (43%), seguido de los choques con lesiones (20.4%) y los choque y fuga (10.8%).

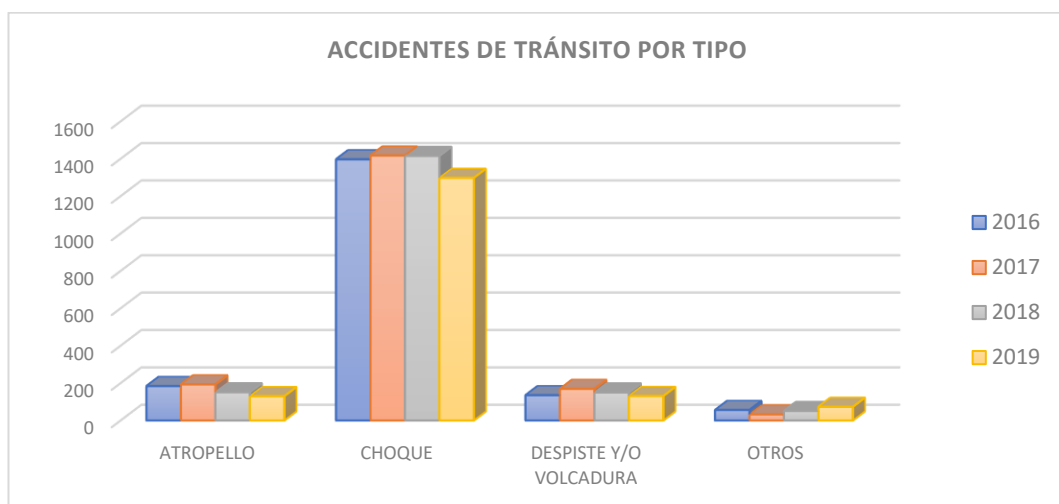


Figura N° 4.8 Distribución de accidentes de tránsito según tipo.

Fuente: Elaboración propio.

Luego de estos se encuentran en cantidades casi similares, los accidentes del tipo atropellos (9.4%) como los del tipo despiste y/o volcadura (8.4%). Es importante identificar cuáles son los puntos donde se localizan la mayor cantidad de atropellos ya que estos constituyen los más graves, pudiendo ocasionar lesiones graves e incluso la muerte, en el peor de los casos. Por otro lado, los accidentes de despiste y/o volcadura involucran principalmente motocicletas, los cuales son más vulnerables cuando existe desperfectos en las vías de tránsito, lo que es el factor predominante para estos casos.

Los accidentes calificados como “Otros”, eventualmente son ocurrencias fortuitas producto de caídas de pasajeros o incendios de los vehículos, o cualquier otra

eventualidad como impactos involuntarios de algún vehículo contra sardineles o bolardos por distracciones del conductor entre otros, que, en la mayoría de los casos, solo trae consecuencias menores que sirven para la estadística.

4.2.4. Severidad de la accidentalidad

Actualmente, muchos especialistas alrededor del mundo han optado por emplazar el término “accidente de tránsito” por el de “sinistro de tránsito”. Esto principalmente porque sugieren que esta diferencia podría ayudar a mejorar el enfoque acerca de cómo se aborda este tema. En la Tabla N° 4.5 se presenta las diferencias entre estos dos términos.

Tabla N° 4.5 Diferencia entre los términos "accidente" y "sinistro".

Accidente	Sinistro
Hecho fortuito que ocurre por casualidad o azar.	Hecho causal que ocurre por la interacción entre diferentes factores identificables.
Ocurre de manera inesperada por lo que no se puede prevenir.	Es predecible y prevenible.
Sus causas son poco controladas.	Sus causas son controlables.
Enfoca la atención en las consecuencias o resultados de un hecho.	Enfoca la atención en la identificación de los factores que intervienen para que ocurra un hecho de tránsito y aquellos que contribuyen a disminuir la gravedad de las consecuencias.
Impide que nos hagamos responsables de esos resultados.	Permite que tomemos conciencia y acciones para prevenirlos.

Fuente: Elaboración propia.

La diferenciación de estos dos enfoques contribuye a mejorar el verdadero paradigma sobre el que debe tratarse el tema de la seguridad vial. Durante décadas se ha estandarizado el término “accidente de tránsito”, cuando en realidad es posible que se esté refiriendo a un “sinistro de tránsito”. La importancia de saber diferenciar a partir de ahora cual es el verdadero contexto en los que se suscitan esta clase de eventos en una vía de tránsito ayudará en un inicio a identificar cuáles son los factores que en mayor o menor medida influyen en la ocurrencia de los siniestros viales, para posteriormente tomar las medidas preventivas correctas para mitigar su recurrencia, o en su defecto los efectos que causan.

4.2.4.1. Mortalidad y morbilidad

Para Moreno et al. (2000) la mortalidad en términos generales es el volumen de muertes que se pueden presentar en una población y es expresada en forma de

tasa. Por otra parte, la morbilidad representa la cantidad de individuos que se pueden ver afectados en un periodo de tiempo como parte de un accidente de tránsito, pudiendo servir como base para explicar las tendencias que se presentan en la mortalidad. Teniendo en cuenta esto en términos de accidentalidad vial autores como Rafael Cal y Mayor (2009) y Farchi et al. (2006) exponen los siguientes indicadores donde se involucran muertos y heridos, como se presenta en la Tabla N° 4.6.

Tabla N° 4.6 Índices de Mortalidad y Morbilidad.

Indicador	Expresión	Descripción
Accidentalidad	$\left(\frac{A_t}{P}\right) \times 10000$ A_t : Número total de accidentes de tránsito P : total de población	Indica la cantidad de accidentes en proporción a un accidente de tránsito por cada 10 000 habitantes.
Mortalidad	$\left(\frac{M_t}{P}\right) \times 10000$ M_t : Número de muertes ocasionadas por un accidente de tránsito P : total de población	Indica el número de muertos en un accidente de tránsito por cada 10 000 habitantes.
Morbilidad	$\left(\frac{I_t}{P}\right) \times 10000$ I_t : Número de lesionados ocasionados por un accidente de tránsito P : total de población	Indica el número de lesionados en un accidente de tránsito por cada 10 000 habitantes.

Fuente: Elaboración propia.

En base a las fórmulas indicadas en la Tabla N° 4.6, a los datos de la cantidad de accidentes registrados en el distrito de San Isidro indicados en la Tabla N° 4.3, y el valor de la población de San Isidro obtenido del último censo realizado por el INEI realizado en el año 2017 (60 735 habitantes), obtenemos cada uno de los índices señalados por cada año del periodo de estudio.

Tabla N° 4.7 índices de accidentalidad, mortalidad y morbilidad 2016 - 2019.

Índice	Año			
	2016	2017	2018	2019
Accidentalidad	294.39	300.82	295.87	272.99
Mortalidad	0.33	0.00	0.00	0.49
Morbilidad	99.78	98.79	116.41	139.79

Fuente: Elaboración propia.

En base a la severidad o gravedad de los accidentes de tránsito, la Figura N° 4.9 presenta tres tipos de niveles según ello, los cuales son: Solo Daños Materiales,

Lesiones y Muertes. Se puede apreciar que la mayor proporción de accidentes ocurridos son los que derivaron en solo daños materiales, los cuales representan un total de 59.08% de registros, seguidos por los accidentes que ocasionaron algún tipo de lesión (ya sea en los conductores, pasajeros y/o peatones), con un aproximado de 40.85%, y los accidentes que derivaron en muertes, que representan el porcentaje más bajo con un 0.07%, en el periodo de estudio 2016-2019.

Exceptuando los accidentes de tránsito que propiciaron la muerte de los involucrados (5 eventos), la tendencia muestra que tanto para el año 2016 y 2017 las cifras mostraron una tendencia constante entre los accidentes que produjeron algún tipo de lesión y los que ocasionaron solamente daños materiales (33.67/66.33), sin embargo, para el año 2018, se incrementó significativamente el número de accidentes que ocasionaron alguna lesión en los involucrados en relación a los que ocasionaron algún daño material (45.10/54.90). Por último, para el año 2019, el tipo de accidentes que derivó en algún tipo de lesión volvió a incrementarse en relación con el año anterior, pero esta vez estos registros superaron los accidentes clasificados como “Solo Daños Materiales” con una proporción de 52.12/48.88. Esto se puede interpretar como que el nivel de seguridad en la transitabilidad en las vías del distrito de San Isidro ha disminuido del año 2016 al año 2019, pudiendo ser objeto de estudio cuales son los factores principales que han originado esta situación.

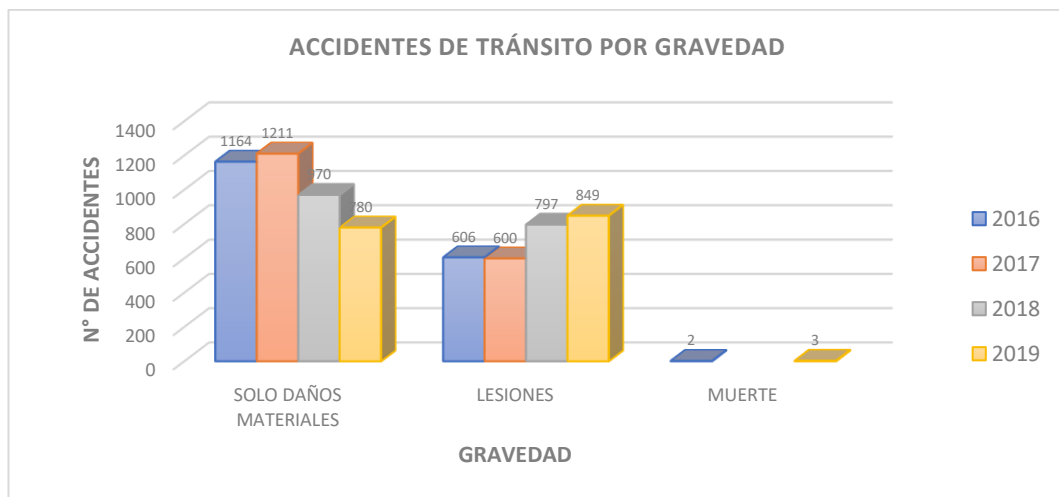


Figura N° 4.9 Distribución de accidentes de tránsito por grado de severidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Caracterización vial con uso de imágenes tomadas de un RPAS

En los últimos años los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia o RPAS (por sus siglas en inglés), conocidos comercialmente como drones, han revolucionado el mundo relacionado a la obtención de información mediante fotografías aéreas, a partir de la cual es posible generar la restitución topográfica de un área, actualizar el catastro de un distrito del país, y también la caracterización vial de zonas rurales o urbanas mediante inventarios viales, facilitando no solo la toma de información sino haciéndola más precisa en comparación a la tradicional forma de completar formularios de manera manual luego de recorrer durante horas a lo largo de varios días manzanas completas para describir por ejemplo, el número de carriles de una vía, el estado del pavimento y de la señalética, la operatividad de los semáforos, entre otros aspectos.

De manera preliminar se ha tenido la iniciativa de recorrer algunas vías del distrito de San Isidro sobre la cual se efectuaron una serie de planes de vuelo con un RPAS, a partir de la cual se obtuvieron una serie de fotografías y vídeos de algunas intersecciones de las principales vías del distrito de San Isidro. Cabe precisar que no fue propósito de este estudio realizar el levantamiento de todo el distrito, dada la dificultad que requiere llevar a cabo este trabajo, principalmente porque al ser uno de los distritos mejor posicionado en términos socioeconómicos, existen diferentes sectores donde se ubican edificios de gran altitud lo que imposibilita el vuelo del RPAS tomando en cuenta que todos los vuelos tuvieron como punto de partida el nivel de un parque o una vía cercana, habiendo el riesgo de al tratar de volar a una gran altura se pierda visibilidad con el equipo, como también las condiciones climáticas del lugar, ya que en gran parte de estos vuelos el clima se encontraba nublado.

En la Tabla N° 4.8 se presenta un resumen de los puntos donde se realizó un vuelo con drone a partir de la cual se obtuvieron fotos y vídeos, los cuales sirven en muchos casos para caracterizar las vías del distrito.

Tabla N° 4.8 Puntos donde se tomaron fotografías aéreas con un RPAS.

ID	Ubicación
1	Puente Canaval y Moreyra (CORPAC)
2	Vía Expresa Paseo de la República
3	Puente Aramburú

ID	Ubicación
4	Av. Canaval y Moreyra – Av. República de Panamá
5	Av. Gálvez Barrenechea – Av. del Parque Norte
6	Av. Gálvez Barrenechea – Ca. Carlos Ferreyros
7	Av. Guardia Civil – Av. del Parque Norte
8	Av. Arequipa – Av. Aramburú
9	Av. Aramburú – Av. Petit Thouars
10	Av. Arequipa – Ca. La Florida
11	Av. Petit Thouars – Ca. La Florida
12	Av. Javier Prado Este (Ca. Las Orquídeas, Av. Rivera Navarrete, Ca. Las Camelias, Av. Paseo Parodi, Ca. Virrey Toledo, Av. Petit Thouars)
13	Av. Javier Prado Oeste (Ca. Los Pinos, Ca. Los Olivos, Av. Jorge Basadre – Av. Arenales, Ca. Los Ficus, Ca. Las Palmeras, Ca. Los Pinos)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen algunas de las fotografías aéreas tomadas en relación con su caracterización vial.

En primer lugar, se describen las intersecciones de la Av. Canaval y Moreyra con Av. Paseo de la República y Av. Aramburú con Av. Paseo de la República, donde se ubican dos puentes dado que se encuentra la Vía Expresa a desnivel, por donde pasa el Metropolitano.

Sobre el puente de la Av. Canaval y Moreyra se puede apreciar que la señalización sobre la vía se encuentra muy desgastada. Existe un pequeño separador central, donde se puede diferenciar que hay 2 carriles para vehículos y 1 carril para bicicletas por sentido. En el sentido de norte a sur de la Av. Paseo de la República se pueden diferenciar 4 carriles antes del cruce semafórico, que se reducen a 2 carriles luego del cruce. En la misma Av. Paseo de la República, pero en la dirección de sur a norte, antes del cruce se logra distinguir que la vía posee 3 carriles, y una vez que se pasa el puente el número de carriles también queda reducido en 2.

La Av. Canaval y Moreyra es una vía principal del distrito en la que su calzada está conformada por 6 carriles (3 carriles por sentido), que cuenta con un separador central a la que se le ha implementado un carril para bicicletas que se encuentra al costado del separador mencionado. En la intersección se logran detectar 4 semáforos. La vista aérea del área descrita se presenta en la Figura N° 4.10.

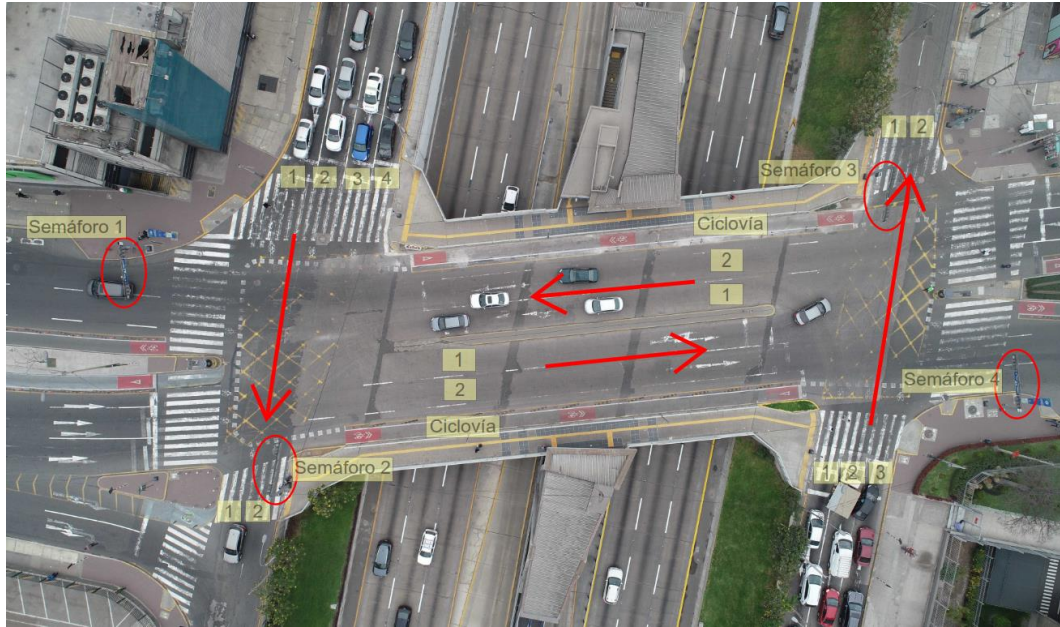


Figura N° 4.10 Vista aérea Puente Canaval y Moreyra.

Fuente: Elaboración propia.

En el puente Aramburú se puede apreciar que tanto el estado del pavimento como la señalética sobre la pista se encuentran en perfecto estado. La Av. Aramburú cuenta con seis carriles (3 carriles por sentido) con un separador central, a diferencia del puente Canaval y Moreyra, donde al haber implementado una ciclovía, se ha tenido que disminuir un carril para vehículos. Además, también se aprecia que existe una zona de parqueo ubicada al lado de la sede de la Secretaría General de la Comunidad Andina.

En la Av. Paseo de la República en el sentido de norte a sur, la vía cuenta con 3 carriles, pero al pasar el puente se reducen a 2. Caso similar ocurre para el sentido de sur a norte, donde la vía pasa de tener 4 carriles antes del cruce a 2 carriles.

Los 4 semáforos identificados en la intersección se ubican en el comienzo de la berma central. La vista aérea de la intersección se presenta en la Figura N° 4.11.

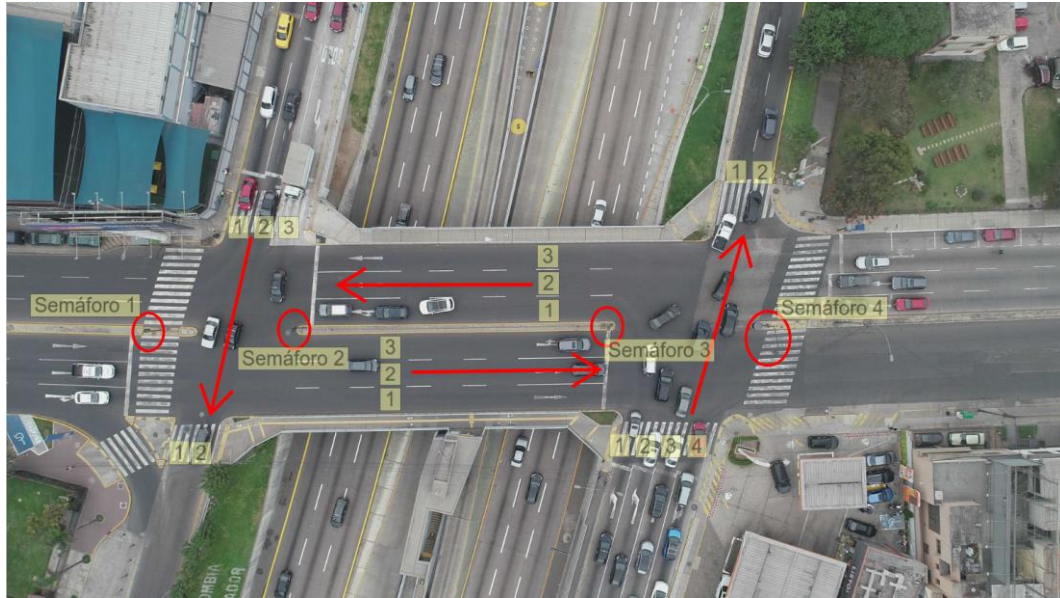


Figura N° 4.11 Vista aérea Puente Aramburú.

Fuente: Elaboración propia.

Otra intersección que cuenta con una vista aérea es la Av. República de Panamá con Av. Canaval y Moreyra, la cual se presenta en la Figura N° 4.12. Como se puede apreciar en la fotografía aérea, esta es una intersección en cruz atípica, dado que la Av. República de Panamá cuenta con una vía auxiliar en el sentido de sur a norte, sobre la cual hay un área para estacionamientos. Sobre la Av. Canaval y Moreyra también resalta la presencia de una ciclovía a los laterales del separador central. El pavimento y las marcas viales se encuentran en buen estado, donde se resalta la indicación de todos los giros permitidos en la intersección, además de las cebras peatonales en los cuatro lados. Aunque no se indica en la fotografía la semaforización en esta intersección es similar a la presentada en las intersecciones anteriores, por lo que suele existir un flujo vehicular ordenado en esta área.

Se detecta una incongruencia sobre una marca vial de color verde para el tránsito de bicicletas paralela a la Av. República de Panamá, cuando claramente no existe una ciclovía que conecte de un lado de la pista hacia el otro, lo que podría causar confusión en los ciclistas y representa un riesgo para ellos.

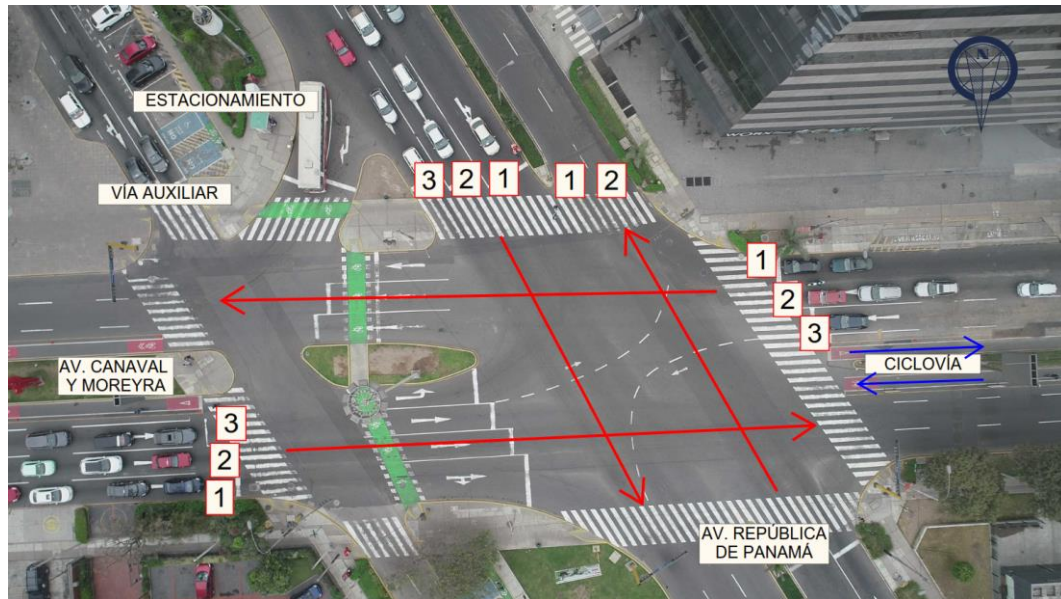


Figura N° 4.12 Vista aérea de la intersección entre Av. Canaval y Moreyra y Av. República de Panamá.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 4.13 se muestra la fotografía aérea tomada a la intersección de la Av. Arequipa, Av. Aramburú y Av. Santa Cruz, la cual delimita por la parte sur los distritos de San Isidro y Miraflores. Se puede visualizar que el pavimento y las marcas viales en la calzada se encuentran en óptimas condiciones.

Esta intersección es atípica dado que podría clasificarse en cruz como en “y”, dado que se pasa de la Av. Aramburú la cual cuenta con 3 carriles por sentido con separador central, hacia la Av. Santa Cruz la cual cuenta con 3 carriles, 2 en el sentido de este a oeste y 1 en el sentido de oeste a este, sin separador central, lo que en hora punta genera gran congestión vehicular en esta zona.

Por otra parte, la Av. Arequipa, que representa una de las avenidas principales del distrito es una vía de doble sentido (2 carriles por sentido), con un separador central amplio que cuenta en su parte central con una ciclovía y con una notoria presencia de áreas verdes.

En el sentido de norte a sur de la Av. Arequipa, antes de cruzar de San Isidro hacia Miraflores, se puede divisar que existe una marca peatonal de líneas cruzadas de color amarillo (antes de la cebra peatonal), la cual significa una restricción de estacionarse para los vehículos sobre dicha área.



Figura N° 4.13 Vista aérea de la intersección entre Av. Arequipa, Av. Aramburú y Av. Santa Cruz.

Fuente: Elaboración propia.

En la Av. Javier Prado Este es posible encontrar varias intersecciones de tipo cruz. En la Figura N° 4.14 se presenta una intersección de este tipo con la Av. Paseo Parodi (San Isidro) y Av. Prolongación Iquitos (Lince), la cual cuenta con un estado de pavimento y marcas viales en buenas condiciones. En la parte central de la intersección se visualiza una cuadrícula de color amarillo que indica la prohibición de bloquear el paso vehicular.

La Av. Javier Prado Este es una vía de doble sentido con separador central, que cuenta con 4 carriles por sentido. Una situación curiosa en esta intersección es que la vía que intersecta del lado de Lince, que es Av. Prolongación Iquitos, está caracterizada de la misma forma que como se describió la Av. Javier Prado Este, sin embargo, al cruzar en la misma dirección hacia la Av. Paseo Parodi en el distrito de San Isidro, se reducen de 4 a 2 el número de carriles por sentido.

Por ser un área comercial (casi en su mayoría de oficinas y tiendas), la calzada de la Av. Javier Prado Este hacia el lado de San Isidro cuenta con una vía auxiliar que da ingreso a los vehículos hacia áreas de estacionamientos, ya sean públicos o privados (varios de estos edificios cuentan con estos). También cabe resaltar

que por esta avenida circula una de las rutas del corredor azul, por lo que es común encontrar varias paradas de buses para la subida y bajada de pasajeros.

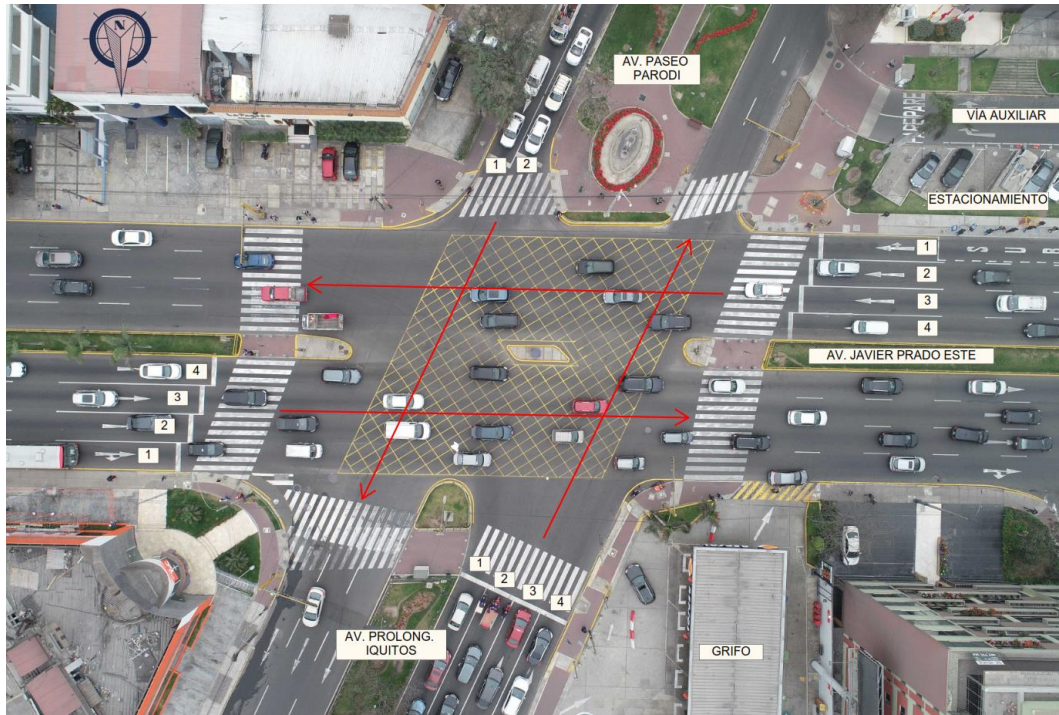


Figura N° 4.14 Vista aérea de la intersección entre Av. Javier Prado Este y Av. Paseo Parodi.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo en la dirección oeste, otro tipo de intersecciones que suelen identificarse en la Av. Javier Prado Oeste es la de tipo “T” como se visualiza en la fotografía aérea de la Figura N° 4.15, con la Ca. Los Pinos. Como las otras intersecciones presentadas en este capítulo, el estado del pavimento, la señalización y las marcas viales se encuentran en óptimas condiciones.

En este tramo, a diferencia de lo presentado en la Figura N° 4.14, el número de carriles por sentido se reduce de 4 a 3, con un separador central destinado hacia áreas verdes. Por otro lado, la Ca. Los Pinos con los que conforma la intersección del tipo T, son vías unidireccionales, en este caso del sentido norte a sur, con 2 carriles, con áreas privadas de estacionamiento que pertenecen a los edificios aledaños. Una particularidad de esta intersección es la marca vial localizada hacia el lado derecho de la imagen, con una especie de doble “V” de color amarillo la cual significa una prohibición de estacionar sobre esta área, lo que advierte el riesgo que implica estacionar el vehículo en la salida de la curva lo que restringiría

el tránsito a los vehículos que giran en este sentido, en este caso de la Av. Javier Prado Oeste hacia Ca. Los Pinos.



Figura N° 4.15 Vista aérea de la intersección entre Av. Javier Prado Oeste y Ca. Los Pinos.

Fuente: Elaboración propia.

Otra intersección tipo “T” se presenta en la Figura N° 4.16, entre la Av. Pérez Aranibar y Av. Cnel. Pedro Portillo, en la cual el pavimento se encuentra en óptimas condiciones y las marcas viales si se encuentran en regular estado (ver cebras peatonales). Además, se logran detectar 3 semáforos marcados en círculos de color azul.

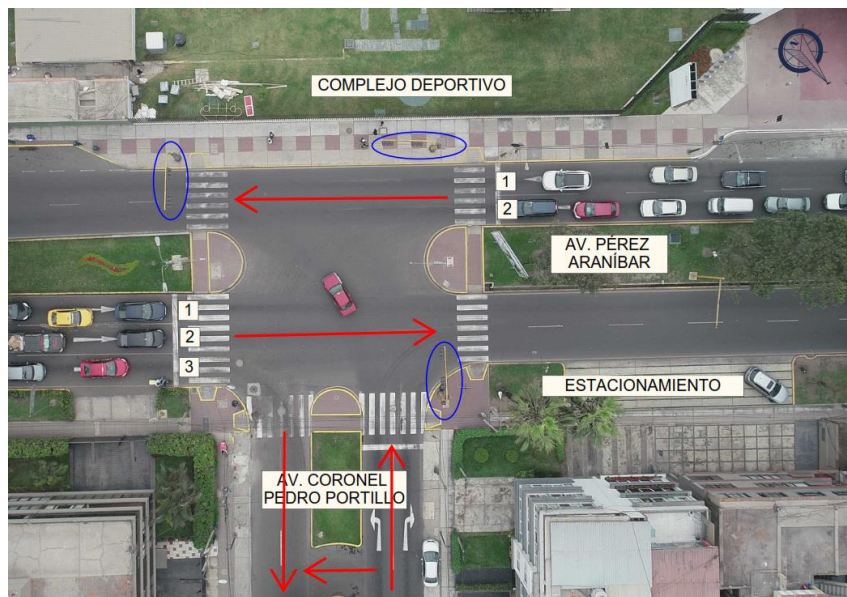


Figura N° 4.16 Vista aérea de la Intersección entre Av. Peréz Aranibar y Av. Coronel Pedro Portillo.

Fuente: Elaboración propia.

La Av. Pérez Aranibar es una vía bidireccional con separador central destinado para las áreas verdes, con 2 carriles por sentido, aunque en el margen inferior izquierdo se puede visualizar un carril adicional para los vehículos que van a girar hacia la Av. Cnel. Portillo. La misma caracterización corresponde a la Av. Cnel. Portillo, siendo una vía bidireccional con dos carriles por sentido con separador central. Al ser una vía en “T”, para cambiar de sentido en la misma avenida, hay un cruce casi al finalizar el separador central.

Finalmente, otra de las ventajas de la toma de fotografías aéreas a partir de un RPAS es que estas pueden ser empleadas para la obtención de ortomosaicos, o la obtención de modelos 3D de las vías del distrito. En la Figura N° 4.17 se presenta un bosquejo tridimensional a baja escala obtenido a partir de 6 fotografías tomadas en la Av. Guardia Civil y Av. del Parque Norte, haciendo uso del programa Agisoft Metashape Professional. A partir de estos modelos 3D es posible plantear alternativas de solución para los puntos negros identificados a partir de las técnicas geoespaciales desarrolladas en el presente estudio.



Figura N° 4.17 Modelo 3D de la intersección de Av. Guardia Civil y Av. del Parque Norte.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Estimación de Densidad de Kernel

La primera técnica espacial a determinar es la estimación de densidad de Kernel. Como se describe en la sección 2.3, existen dos métodos por los cuales se puede realizar este análisis: mediante el uso de una función de densidad planar o una función de densidad de red.

El procedimiento para llevar a cabo la estimación de densidad de Kernel, tanto para el método planar como para el de red es el siguiente: se ejecutó la herramienta de estimación de densidad de Kernel para el conjunto de datos de cada año, para cada ancho de banda predefinido. Posteriormente, se obtiene un ráster o un shape promedio anual (sea por el método planar o lineal, respectivamente), por cada ancho de banda evaluado, con el propósito de eliminar el efecto de temporalidad, por el cual es posible que se hayan producido accidentes en una cierta ubicación en un solo año, lo que daría como resultado la sobrestimación de puntos negros o lo que también se interpreta como falsos positivos.

4.4.1. Método planar

Se eligió la función cuártica para la estimación de la probabilidad de densidad planar, y los anchos de banda predeterminados para el análisis fueron los valores de 50, 100, 150 y 200 m. El resultado es un ráster para cada uno de los cuatro valores de ancho de banda indicados, los cuales han sido promediados para cada año de estudio, lo que muestra la densidad originada de la interacción de los diferentes accidentes registrados dentro de San Isidro, obtenidos a través del programa QGis 3.18. La Tabla N° 4.9 presenta los puntos negros detectados por sector, haciendo uso del método planar de la estimación de densidad de Kernel.

Tabla N° 4.9 Puntos negros identificados de la KDE mediante la función planar.

Sector	Puntos Negros	Descripción
Sector 1	11	Av. Salaverry – Av. Pershing
		Av. Javier Prado Oeste – Av. Salaverry
		Av. Javier Prado Oeste – Av. Pershing – Ca. Los Castaños
		Av. Javier Prado Oeste – Ca. Las Flores
		Av. Jorge Basadre – Ca. Los Laureles
		Av. Jorge Basadre – Ca. Los Cedros

Sector	Puntos Negros	Descripción
		Av. Salaverry – Av. Alberto del Campo
		Av. Alberto del Campo – Ca. Baltazar la Torre – Ca. Juan Dellepiani
		Av. Alberto del Campo – Ca. Valle Riestra
		Av. Alberto del Campo – Ca. Los Manzanos
		Av. Javier Prado Oeste – Ca. Las Palmeras
Sector 2	3	Av. Salaverry – Av. Juan Pezet
		Av. Salaverry – Av. Del Ejército
		Bajada San Martín
Sector 3	7	Av. Javier Prado Oeste – Ca. Los Pinos
		Av. Javier Prado Oeste – Av. Arenales
		Av. Javier Prado Oeste – Av. Arequipa
		Av. Arequipa – Ca. Manuel Bañón
		Av. Arequipa – Ca. Chinchón
		Av. Arequipa – Av. Paz Soldán – Av. Juan de Arona
		Av. Arequipa – Av. Aramburú – Av. Santa Cruz
Sector 4	14	Av. Javier Prado Este – Av. Petit Thouars
		Av. Javier Prado Este – Av. Paseo Parodi
		Av. Petit Thouars – Av. Juan de Arona
		Ca. Las Camelias – Ca. Chinchón
		Av. Petit Thouars – Ca. Chacarilla
		Av. Javier Prado Este – Av. Rivera Navarrete
		Av. Javier Prado Este – Ca. Francisco Masías
		Av. Javier Prado Este – Av. Paseo de la República (Pte. Javier Prado)
		Av. Paseo de la República – Av. Andrés Reyes (Pte. Andrés Reyes)
		Av. Paseo de la República – Av. Canaval y Moreyra (Pte. Corpac)
		Av. Paseo de la República – Av. Aramburú (Pte. Aramburú)
		Av. Canaval y Moreyra – Av. Dionisio Derteano
		Av. Canaval y Moreyra – Av. República de Panamá
Sector 5	6	Av. República de Panamá – Av. Aramburú
		Av. Javier Prado Este (Alt. Colegio San Agustín)
		Av. Javier Prado Este (Alt. Clínica Ricardo Palma)
		Av. Javier Prado Este – Av. Gálvez Barrenechea (Pte. Quiñones)
		Av. Gálvez Barrenechea – Av. Del Parque Norte
		Av. Javier Prado Este – Av. Guardia Civil
		Av. Guardia Civil – Av. Del Parque Sur

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 4.18 muestra el ráster obtenido para cada año para un valor del ancho de banda de 100 m. De acuerdo con ello, se visualiza la distribución y

agrupación de los accidentes por medio de una escala de colores semafóricos para los cinco niveles de densidad establecidos: verde para las ubicaciones que muestran la menor cantidad de accidentes de tránsito agrupados, amarillo para un número medio de accidentes agrupados, y rojo para las ubicaciones donde existe una gran cantidad de accidentes de tránsito suscitados. La Tabla N° 4.10 representa los niveles de densidad establecidos para el presente estudio, su caracterización en relación con un color y una breve descripción para cada uno de ellos.

Tabla N° 4.10 Niveles de densidad de accidentes de tránsito para el método planar.

Nivel	Color	Descripción
Muy Bajo	No se presenta	Nula ocurrencia de accidentes de tránsito.
Bajo	Verde Claro	Ocurrencia mínima de accidentes de tránsito.
Medio	Amarillo	Ocurrencia regular de accidentes de tránsito.
Alto	Naranja	Elevado número de accidentes de tránsito ocurridos.
Muy Alto	Rojo	Picos del número de accidentes de tránsito ocurridos.

Fuente: Elaboración propia.

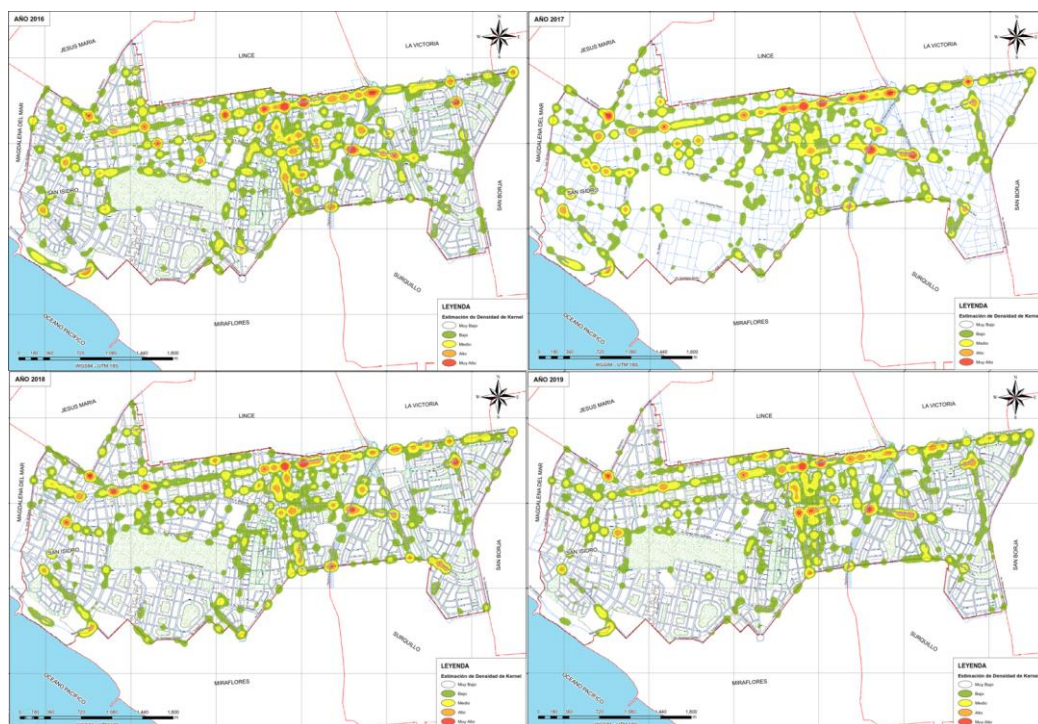


Figura N° 4.18 Mapas de Densidad de Kernel por el método planar por cada año, para un $Ab = 100m$.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Método de red

Los accidentes de tránsito son eventos que por su naturaleza se encuentran relacionados con una red de vías. El resultado de este análisis (un mapa de densidad de accidentes de tránsito) muestra segmentos de vías urbanas con el valor de la densidad calculado a partir de la función de red y los anchos de banda seleccionados para el análisis, determina los niveles de densidad de accidentalidad vial no solo a nivel de puntos negros como es el caso del método planar, sino que incluso es posible identificar tramos de concentración de accidentes.

Para el desarrollo y visualización de este indicador se empleó el programa Análisis Espacial a lo largo de Redes (SANET, por sus siglas en inglés), desarrollado por Okabe et al. (2001) y que actualmente se encuentra disponible en su versión 4.1. Okabe menciona que la suposición de analizar eventos que ocurren ligados a una red, sobretudo en zonas urbanas, bajo el enfoque de un análisis espacial planar, que considera la medición de distancias euclidianas, no refleja los efectos reales a sí se consideraran las distancias de red para el mismo conjunto de eventos. El cálculo de la distancia de red se calcula bajo el algoritmo de la ruta más corta, y esta ha sido integrada en el programa SANET, con la finalidad de superar las restricciones que ofrecen los análisis de este tipo de fenómenos como lo son los accidentes de tránsito bajo un enfoque planar.

Para aplicar la estimación de densidad de Kernel con SANET, se requiere como entradas (inputs) dos shapes: uno de polilíneas que represente la red de vías del área de estudio y otro de puntos que representen los accidentes de tránsito suscitados en la misma área. Luego de ello, se definen tres parámetros adicionales: el tipo de kernel, el ancho de banda y el ancho de celda. El primero hace referencia a sí los nodos que se generarán a raíz del análisis deberán ser continuos o discontinuos, y se relaciona de forma directa con el ancho de celda que es el valor cada cuanto deberán estar espaciados estos nodos. Los parámetros descritos se visualizan en la Figura N° 4.19, que forma parte de la interfaz del programa SANET.

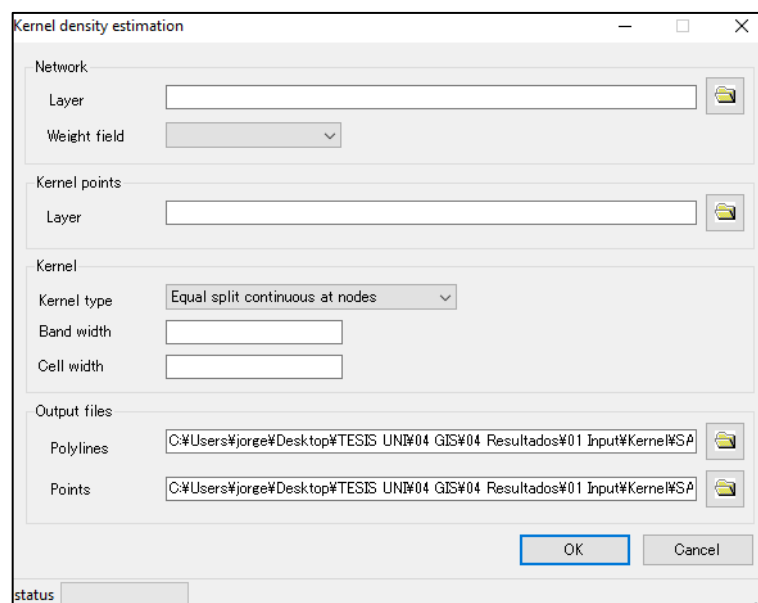


Figura N° 4.19 Parámetros del método de red para determinar el KDE.

Fuente: Elaboración propia.

Las salidas (outputs) son dos shapes: uno de puntos, que contiene todos los nodos generados, y otro de polilíneas, generados a partir de la unión de los nodos contiguos del shape de puntos que no son más que los pequeños tramos en los que se ha discretizado el shape que representa la red de vías, y en el que en su tabla de atributos se encuentra un campo denominado “Average”, el cual proporciona el valor de la densidad estimada para dicho tramo. En resumen, el método considera subdividir las vías en tramos equidistantes, para el cual se consideró una longitud de 20 m.

Para el método de red, el cálculo de la distancia entre los accidentes se realiza bajo el algoritmo de la ruta más corta de red proporcionado por SANET, y los anchos de banda predeterminados son los mismos que los empleados para la aplicación del método planar: 50, 100, 150 y 200 m. La Tabla N° 4.11 presenta los puntos negros adicionales detectados por sector por este método.

Tabla N° 4.11 Puntos negros adicionales a partir de la KDE mediante la función de red.

Sector	Puntos Negros	Descripción
Sector 1	5	Av. Cádiz – Ca. Guillermo Marconi
		Av. Guillermo Prescott – Ca. Barcelona
		Av. Guillermo Prescott – Av. Dos de Mayo
		Av. Dos de Mayo – Ca. Los Laureles

Sector	Puntos Negros	Descripción
		Av. Dos de Mayo – Ca. Las Flores
Sector 2	0	No se identificó ningún punto negro adicional.
Sector 3	3	Av. Dos de Mayo – Ca. Los Pinos
		Av. Dos de Mayo – Av. Arenales
		Av. Arequipa – Ca. La Habana
Sector 4	6	Av. Juan de Arona – Ca. Federico Villarreal
		Av. Juan de Arona – Ca. Manuel A. Fuentes
		Av. Juan de Arona – Ca. Augusto Tamayo
		Ca. Manuel A. Fuentes – Ca. La Habana
		Av. Petit Thouars – Ca. La Florida
		Av. Andrés Aramburú – Av. Petit Thouars
Sector 5	2	Av. Del Parque Norte – Ca. Ricardo Ángulo
		Av. Del Parque Sur – Ca. Ricardo Ángulo

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 4.20 muestra el shape de polilíneas obtenido para cada uno de los cuatro valores del ancho de banda predefinidos, para el conjunto de accidentes de los cuatro años. De forma análoga a los mapas temáticos presentados para el método planar, se visualiza la distribución y agrupación de los accidentes por medio de una escala de colores semafóricos para los cinco niveles de densidad establecidos similar a la que se detalló en la sección 4.4.1.

La Tabla N° 4.12 representa los niveles de densidad establecidos para el presente estudio, su caracterización en relación con un color y una breve descripción para cada uno de ellos.

Tabla N° 4.12 Niveles de Densidad de Accidentes de Tránsito para el método de red.

Nivel	Color	Descripción
Muy Bajo	Verde Oscuro	Nula ocurrencia de accidentes de tránsito.
Bajo	Verde Claro	Ocurrencia mínima de accidentes de tránsito.
Medio	Amarillo	Ocurrencia regular de accidentes de tránsito.
Alto	Naranja	Elevado número de accidentes de tránsito ocurridos.
Muy Alto	Rojo	Picos del número de accidentes de tránsito ocurridos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 4.20 Mapas de Densidad de Kernel por el método de red para cada Ab predefinido.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Distancia del vecino más cercano

De forma similar al cálculo de la estimación de la densidad de Kernel, el índice del vecino más cercano se puede estimar de dos formas: lineal y planar.

4.5.1. Índice del vecino más cercano planar

Para conocer si los accidentes de tránsito del distrito de San Isidro presentan un patrón de agrupación o dispersión espacial, o simplemente son eventos que ocurren de manera aleatoria que es parte de la hipótesis nula, se realiza el cálculo del índice del vecino promedio más cercano para cada uno de los sectores para cada uno de los cuatro años del periodo de estudio, mediante la función “Average Nearest Neighbor” de la extensión Spatial Analyst de la caja de herramientas del programa ArcGIS v10.5. A continuación se presentan cuatro tablas: la primera, que resume los resultados obtenidos para todo el conjunto de accidentes registrados para cada año de estudio (ver Tabla N° 4.13), como también los resultados obtenidos para cada tipo de accidente los cuales se han clasificado en atropellos, choques y despistes y volcaduras, los cuales se presentan en la Tabla N° 4.14, Tabla N° 4.15 y Tabla N° 4.16.

Tabla N° 4.13 Resultados del Vecino Promedio más Cercano.

Sector	Periodo	DMO (m)	DME (m)	NNR	z
Sector 1	2016	24.55	46.36	0.529	-18.84
	2017	20.80	42.29	0.492	-21.28
	2018	22.43	44.06	0.509	-20.21
	2019	27.30	47.96	0.569	-15.81
Sector 2	2016	41.45	63.07	0.657	-8.77
	2017	33.96	57.78	0.588	-11.64
	2018	39.86	64.55	0.618	-9.68
	2019	55.21	73.92	0.747	-5.59
Sector 3 y 4	2016	20.55	38.34	0.536	-25.74
	2017	19.86	38.90	0.510	-26.82
	2018	20.82	39.48	0.527	-25.51
	2019	20.55	39.10	0.526	-25.37
Sector 5	2016	32.59	57.31	0.569	-13.25
	2017	31.69	56.88	0.557	-13.71
	2018	29.27	54.64	0.536	-14.92
	2019	29.06	56.11	0.518	-15.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.14 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Atropello.

Sector	Año	DMO (m)	DME (m)	NNR	z
Sector 1	2016	103.94	129.47	0.803	-2.33
	2017	90.60	127.37	0.711	-3.91
	2018	114.35	138.58	0.825	-2.09
	2019	109.97	104.07	1.057	0.69
Sector 2	2016	246.30	190.58	1.292	1.94
	2017	139.69	140.26	0.996	-0.03
	2018	275.07	141.94	1.938	4.39
	2019	321.10	213.93	1.501	3.46
Sector 3 y 4	2016	70.46	101.70	0.693	-6.02
	2017	73.00	100.10	0.729	-5.43
	2018	80.34	111.33	0.722	-4.91
	2019	88.05	120.11	0.733	-4.21
Sector 5	2016	150.35	157.75	0.953	-0.48
	2017	188.07	170.54	1.103	0.81
	2018	147.57	156.39	0.944	-0.49
	2019	178.09	210.82	0.845	-0.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.15 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Choque.

Sector	Año	DMO (m)	DME (m)	NNR	z
Sector 1	2016	25.50	50.06	0.509	-18.18
	2017	23.45	45.51	0.515	-18.50
	2018	24.74	47.76	0.518	-18.30
	2019	29.42	52.08	0.565	-14.70
Sector 2	2016	48.06	70.63	0.680	-7.18
	2017	39.46	66.41	0.594	-9.97
	2018	275.07	141.94	1.938	4.39
	2019	58.62	80.02	0.733	-5.17
Sector 3 y 4	2016	21.72	42.39	0.512	-24.47
	2017	21.05	43.65	0.482	-25.13
	2018	22.59	43.76	0.516	-23.56
	2019	22.42	42.77	0.524	-23.26
Sector 5	2016	35.39	65.70	0.539	-12.35
	2017	33.99	63.39	0.536	12.86
	2018	31.38	59.98	0.523	-13.95
	2019	31.55	61.00	0.517	-14.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.16 Resultados del Vecino Promedio más Cercano - Despiste y Volcadura.

Sector	Año	DMO (m)	DME (m)	NNR	z
Sector 1	2016	126.17	137.07	0.921	-0.76
	2017	143.88	159.89	0.900	-1.07
	2018	158.55	145.00	1.093	0.98
	2019	214.18	187.56	1.142	1.09
Sector 2	2016	111.87	116.07	0.964	-0.37
	2017	89.76	98.71	0.909	-1.05
	2018	122.80	145.18	0.846	-1.62
	2019	193.24	163.52	1.182	1.47
Sector 3 y 4	2016	94.66	126.64	0.747	-3.35
	2017	103.34	129.87	0.796	-3.17
	2018	93.94	125.30	0.750	-3.80
	2019	114.87	127.44	0.901	-1.47
Sector 5	2016	132.49	159.76	0.829	-1.87
	2017	98.64	139.93	0.705	-3.34
	2018	131.14	150.55	0.871	-1.28
	2019	108.66	145.28	0.748	-2.89

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. DMO: Distancia Media Observada (en metros).
2. DME: Distancia Media Esperada (en metros).
3. NNR: Índice del Vecino más Cercano.

Es evidente que el valor del índice del vecino más cercano varía drásticamente si se considera un análisis para cada tipo de accidentes, debido a que el cálculo involucra la cantidad de eventos registrados. Como la mayor cantidad de accidentes pertenecen al tipo de choques, los resultados obtenidos para estos son los que más se asemejan a los resultados obtenidos si se analiza todo el conjunto de accidentes ocurridos en el mismo año y en sobre el mismo sector. Entonces habrá que hacer énfasis en los resultados obtenidos para los accidentes de tránsito tipo “atropello” y “despiste y volcadura”, cuyo análisis se detalle en la sección 5.1.3.1.

4.5.2. Índice del vecino más cercano de red

Este indicador ha sido desarrollado y ampliamente estudiado por Atsu el cual se encuentra disponible en el programa SANET a través de la herramienta Global auto nearest neighbor distance method. De manera análoga a como se obtuvieron los resultados para la estimación de densidad de Kernel por el método de red, se ha calculado el NND de red para los mismos sectores con la finalidad de relacionar los anchos de banda predefinidos con el valor de las distancias calculadas por este método.

De esta forma en la Figura N° 4.21 se presenta el resultado obtenido del índice del vecino más cercano promedio para la distribución de accidentes de tránsito del sector 1. La gráfica presenta cuatro curvas: las distancias observadas (color azul), las distancias esperadas promedio (color rojo), y las distancias esperadas con un rango de confianza de $\pm 5\%$ (color verde para la curva sobre el 5% y color magenta para la curva bajo el 5%).

De esta gráfica se puede inferir que el índice de la distancia del vecino más cercano para el sector 1 del distrito de San Isidro es aproximadamente 200 m.

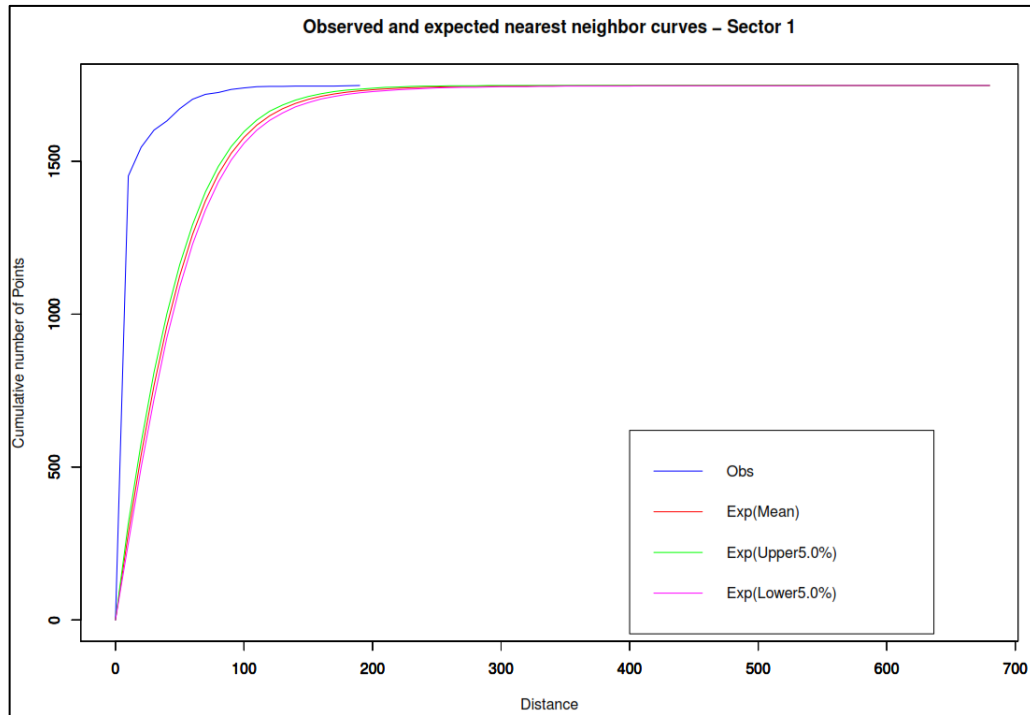


Figura N° 4.21 Método del vecino más cercano de red para el Sector 1.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 4.17 presenta un resumen de la distancia media observada del vecino promedio más cercano para los sectores que son objeto de estudio.

Tabla N° 4.17 Distancia del vecino promedio más cercado de red por sector.

Sector	N° Accidentes de Tránsito	Distancia (m)
Sector 1	1716	200
Sector 2	1779	400
Sector 3 y 4	1716	150
Sector 5	1559	200

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Indicadores locales de asociación espacial

Para el análisis de la accidentalidad vial, los dos indicadores locales de asociación espacial elegidos para identificar los puntos negros del distrito de San Isidro son el índice de Moran y el estadístico local G^* de Getis – Ord.

Estos indicadores espaciales dan una visión más clara sobre la detección de puntos negros, que para el presente caso se ha llevado a cabo bajo el análisis de dos variables independientes: por la gravedad de los accidentes de tránsito,

traducido en el número de lesionados para cada uno de los accidentes registrados y, por la hora de ocurrencia de los accidentes de tránsito, cuya variable se ha discretizado en intervalos de 2 horas. En ambos casos el análisis se llevará a cabo para cada uno de los 5 sectores del distrito.

4.6.1. Matriz de Pesos Espaciales

Previo a la obtención de los indicadores locales de asociación espacial que se realizó con asistencia del programa Geoda v1.6, se calcula una matriz de pesos espaciales para la estimación de la cantidad de entidades vecinas más cercanas a cada una de ellas.

Los pesos espaciales representan un componente muy importante en cualquier análisis de dependencia espacial, siendo un elemento esencial en la construcción de estadísticas de autocorrelación espacial y proporcionan los medios para crear variables espacialmente explícitas, como variables espacialmente rezagadas y tasas espacialmente suavizadas. Los pesos expresan la estructura vecina entre las observaciones como una matriz en la que los elementos de la matriz representan los pesos espaciales, como se presenta en la Figura N° 4.22.

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix}$$

Figura N° 4.22 Esquema de una matriz de pesos espaciales.

Fuente: Manual de uso del Geoda.

Las ponderaciones espaciales son distintos de 0 cuando una entidad i y j son vecinos, e igual a 0 para el caso contrario. Por convención, se excluye la relación del auto-vecino, de modo que los elementos diagonales de la matriz son iguales a 0. En su forma más sencilla, la matriz de ponderaciones espaciales expresa la existencia de una relación de vecino como una relación binaria, con los pesos 1 y 0. Formalmente, cada unidad espacial está representada en la matriz por una fila i , y los vecinos potenciales por las columnas j , con $i \neq j$. La existencia de una

relación de vecino entre la unidad espacial correspondiente a la fila i y la columna que coincide con j sigue entonces como $W_{ij} = 1$.

Con algunas excepciones, los análisis en que emplean ponderaciones espaciales los utilizan en la forma denominada estandarización de fila. La estandarización de fila toma los pesos dados W_{ij} (por ejemplo, los pesos binarios 0 – 1) y los divide por la suma de la fila, como se presentan en la Ec. 31:

$$W_{ij(s)} = W_{ij} / \sum_j W_{ij} \dots (31)$$

Como resultado, cada suma de fila de los pesos estandarizados de la fila es igual a 1. Además, la suma de todos los pesos, $S_0 = \sum_i \sum_j W_{ij}$ es igual a N , que representa el número total de observaciones. El programa Geoda recomienda tener en consideración que, aunque el algoritmo se refiere a trabajar con una matriz de ponderaciones espaciales, esta no se emplea dentro de las operaciones, debido a que los conjuntos de datos a analizar suelen ser muy dispersos y por ende la matriz creada suele almacenar muchos valores iguales a 0, con la que no se suele trabajar.

De acuerdo con el algoritmo desarrollado por el programa Geoda existen dos métodos para estimar la matriz de ponderaciones: pesos espaciales basados en la contigüidad y pesos espaciales basados en la distancia. El primero se desarrolla bajo el concepto de contigüidad el cual se interpreta como que dos entidades espaciales comparten un borde en común. Adicionalmente existen dos submétodos sobre el criterio de contigüidad de la torre y la reina (movimientos clásicos del ajedrez), los cuales se recomiendan emplearlos para entidades espaciales del tipo polígonos (como el caso de distritos, provincias o países) que usualmente suelen compartir uno o varios lados en común.

El segundo método basados en las distancias presenta a su vez tres submétodos los cuales son: distancia de banda (distance band), k -vecinos más cercanos (k -Nearest neighbors) y la estimación de Kernel y usualmente se recomienda su empleo para entidades tipo puntos. En la Figura N° 4.23 se puede visualizar la manera como se procede a crear la matriz de ponderaciones dentro de la interfaz del programa Geoda, ejemplificado para el caso del sector 1 para los accidentes con algún lesionado.

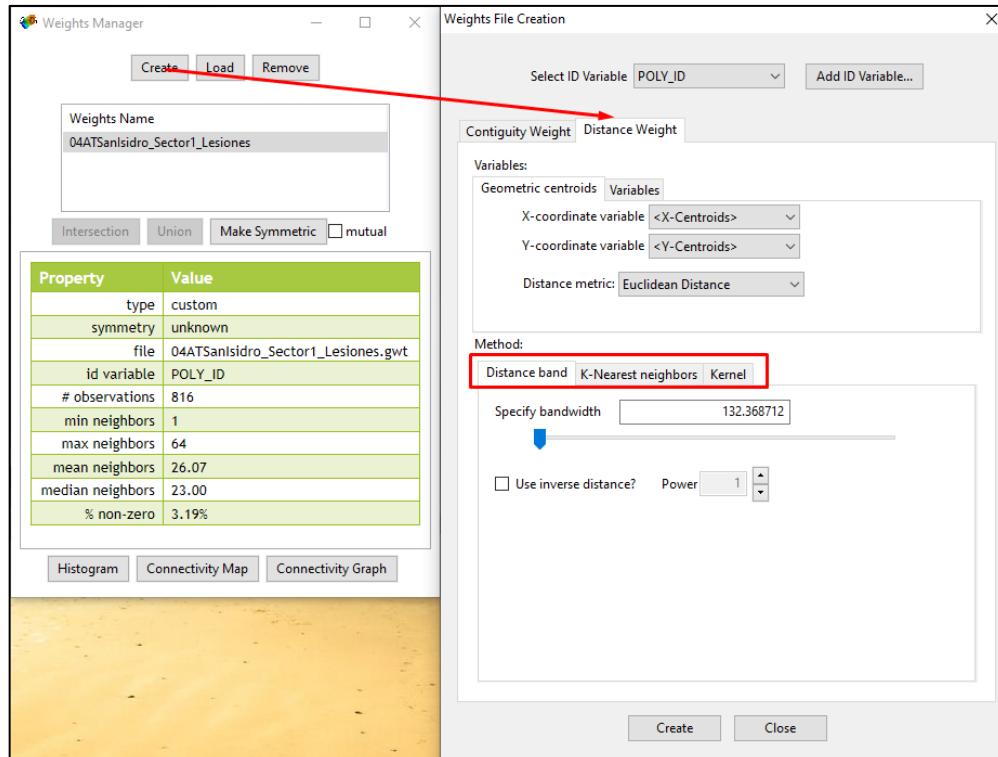


Figura N° 4.23 Creación de una matriz de ponderaciones en Geoda.

Fuente: Elaboración propia.

El primero de los submétodos mencionados se relaciona al concepto del ancho de banda, por el cual se define una distancia máxima para la cual al menos una entidad tendrá como mínimo un vecino más cercano (conocido también como el criterio máximo-mínimo). De esta forma, la cantidad de vecinos calculada para una entidad dependerá de la cantidad de entidades que se encuentren dentro del radio de influencia definido como el ancho de banda. El submétodo definido por los k-vecinos más cercanos se desarrolla bajo el concepto de un número fijo de vecinos para una entidad, con la intención de crear una simetría cuando la probabilidad de que el conjunto de entidades a analizar no represente una muestra distribuida homogéneamente. Por último, el submétodo de Kernel es usualmente empleado para enfoques no paramétricos que involucre modelar la covarianza espacial. Este concepto involucra crear la matriz de ponderaciones bajo una función de densidad que pueda relacionar la distancia entre dos puntos y un ancho de banda definido. El programa a la fecha ha desarrollado su algoritmo bajo cinco funciones: uniforme, triangular, cuadrática o Epanechnikov, cuártico y gaussiano. Un conveniente que presenta este método es que al definir un ancho de banda fijo el número de pesos espaciales distintos de cero puede variar considerablemente sino se selecciona la función de densidad más adecuada, especialmente para el

caso el que la densidad de las ubicaciones de los puntos no es uniforme en todo el espacio (como lo representa el caso del conjunto de accidentes registrados para los cinco sectores del distrito de San Isidro).

Cabe resaltar que el cálculo de las distancias calculadas entres dos puntos se realiza bajo el concepto de la distancia euclidiana, aunque Geoda también ofrece la medición de distancias por el método del arco, que se suele emplear cuando la separación de las entidades escapa del análisis planar.

Para el análisis de los indicadores espaciales llevados a cabo en el presente estudio las matrices de pesos espaciales asociadas a cada conjunto de datos se estimaron bajo el submétodo de la distancia de banda del método de ponderaciones espaciales basadas en la distancia.

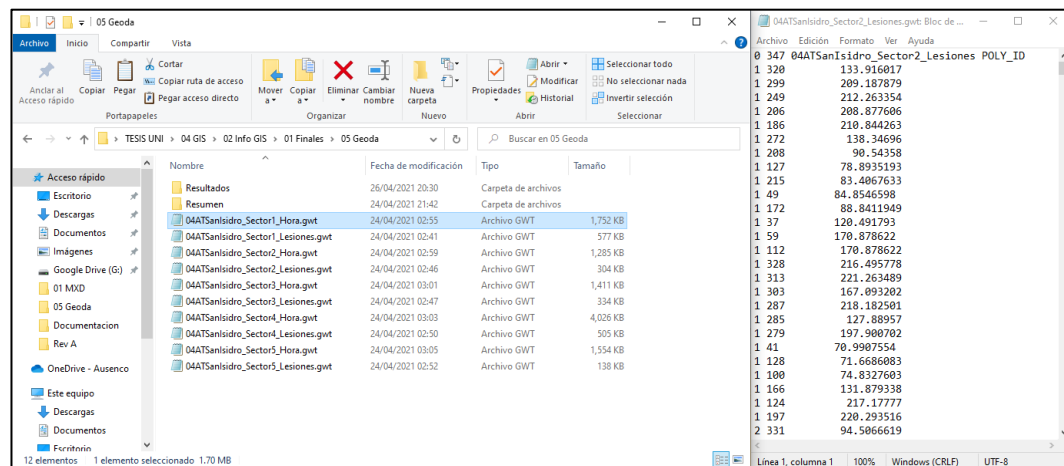


Figura N° 4.24 Matrices de pesos espaciales.

Fuente: Elaboración propia.

Cada una de estas matrices se crean bajo la extensión *.gwt y almacenan dentro de ella el valor de la distancia de cada entidad hacia su vecino más cercano. En la Figura N° 4.24 se presenta la carpeta donde se han guardado las matrices de pesos espaciales creadas para cada caso de estudio, y al lado derecho una de las matrices generadas para el caso de accidentes con lesionados para el sector 2.

Luego de ello, cada una de las matrices creadas se carga y asocia al conjunto de datos de análisis, la cual muestra unos parámetros resúmenes y tres opciones de visualización de datos: un histograma, un mapa de conectividad y un gráfico de conectividad.

En el histograma es posible visualizar el número de vecinos asociada a su frecuencia absoluta asociada. Para el caso del método de la distancia de banda, el histograma generado por lo general muestra un rango de número de vecino muy amplia. Por ejemplo, para el caso de los accidentes con lesionados del sector 3, los parámetros resumen indican que, para los 466 accidentes de tránsito registrados, existirá una entidad que presenta como mínimo un vecino más cercano y como máximo 73 vecinos más cercanos. El valor promedio para una entidad es poseer alrededor de 27 vecinos y la matriz de pesos espaciales obtenida posee 5.71% de valores diferentes de cero. Por otra parte, el histograma del lado derecho muestra que existen 47 accidentes para los cuales se ha estimado 18 vecinos, de acuerdo con el ancho de banda considerado. Lo descrito se presenta en la Figura N° 4.25.

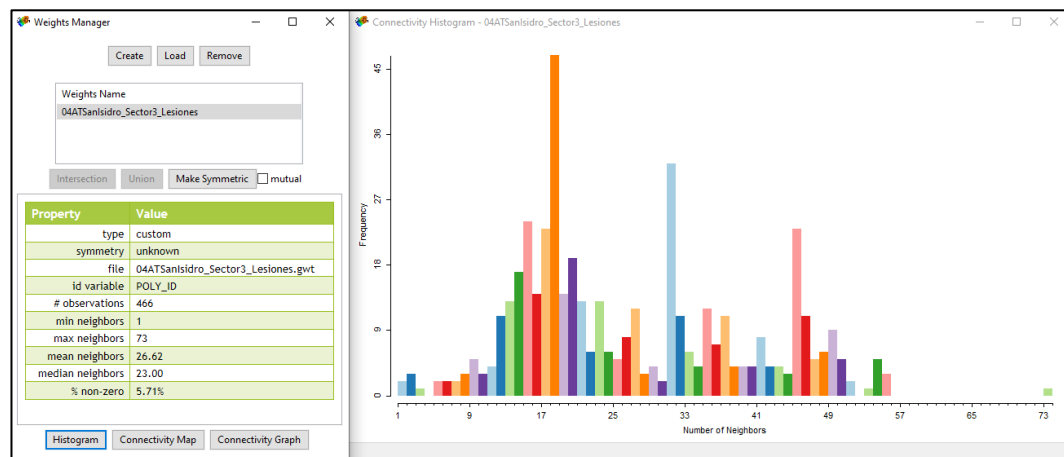


Figura N° 4.25 Parámetros resumen e histogramas para los accidentes con lesiones del sector 3.

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de conectividad presenta cuales son las entidades asociadas al número de vecinos más cercanos estimados mientras que el gráfico de conectividad presenta el conjunto de vecinos asociados a cada entidad parecido a un mapa de triangulación. Para un mejor entendimiento de lo descrito se presentan la Figura N° 4.26 y Figura N° 4.27, que muestran el mapa y gráfico de conectividad para aquellos accidentes con lesiones del sector 3 a los que se asocia 20 vecinos más cercanos, respectivamente.

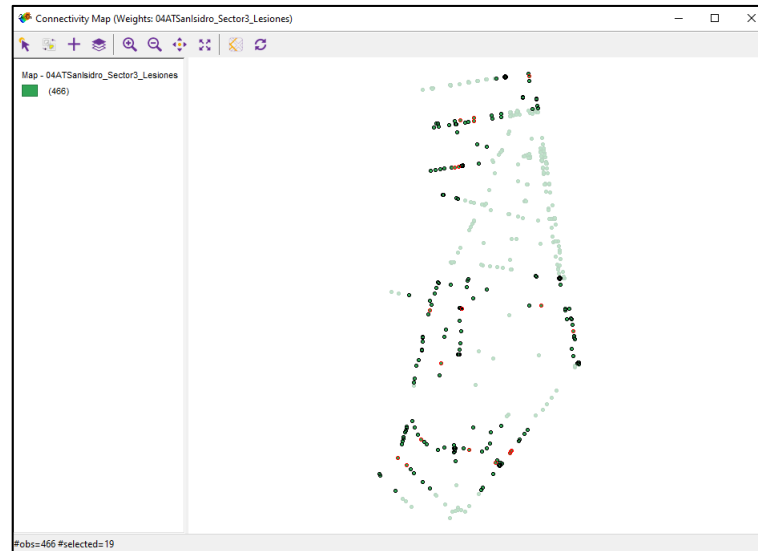


Figura N° 4.26 Mapa de conectividad para los accidentes con lesiones del Sector 3.

Fuente: Elaboración propia.

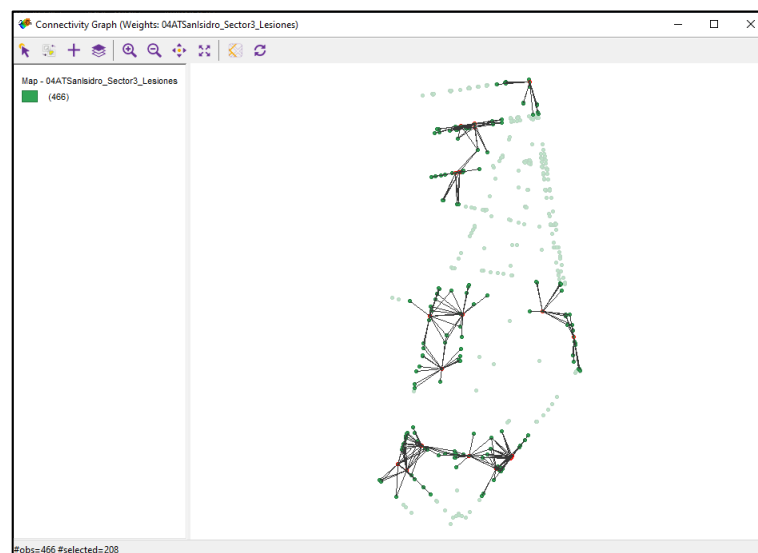


Figura N° 4.27 Gráfico de conectividad para los accidentes con lesiones del Sector 3.

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos presentados son una herramienta que Geoda brinda con el propósito de detectar observaciones inusuales, las cuales podrían ser eliminadas cuando sus valores asociados se encuentran fuera del rango de valores obtenidos de los demás datos de la muestra de análisis. Por ejemplo, del histograma de la Figura N° 4.25, se logra visualizar que existe una continuidad para el número de vecinos más cercanos desde 1 hasta 55, a partir de la cual se produce un salto hasta encontrar un valor de 73. Estas situaciones implican revisar ya sea, el valor de la

distancia de banda definida (que por lo general es un valor que el programa calcula por defecto), la depuración de los accidentes cuyo número de vecinos más cercanos asociados quedan fuera del rango o no tomar ninguna acción si se considera que todos los eventos deben ser considerados para el cálculo de los indicadores espaciales.

Se analizaron 15 escenarios para cada indicador espacial, 10 por el nivel de gravedad de los accidentes donde se analizaron 5 considerando todos aquellos que generaron daños a la propiedad y 5 donde se registraron lesionados, y los otros 5 se analizaron según el horario de ocurrencia de los accidentes, para cada uno de los sectores de San Isidro, cuyos resultados se presentan a continuación.

4.6.2. Índice de Moran

4.6.2.1. Por el nivel de gravedad

Para la estimación del índice de Moran en relación a los accidentes de tránsito se analizaron los casos considerando todos los accidentes y aquellos donde se registró algún lesionado.

Se precisa que para este último caso solo se han considerado aquellos eventos donde se ha registrado uno a más personas que hayan resultado afectadas físicamente, independientemente del tipo de accidente que represente.

La Tabla N° 4.18 y Tabla N° 4.19 presentan los resultados del índice de Moran para cada sector, obtenidos a partir del cálculo desarrollado por el programa Geoda.

Tabla N° 4.18 Resultados del Índice de Moran - ATs con daños materiales.

ID	Índice de Moran	E[I]	sd	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.031	-0.0006	0.00015	2.5514	0.011
Sector 2	-0.021	-0.0014	0.0005	-0.8465	0.397
Sector 3	-0.009	-0.0009	0.0002	-0.4103	0.682
Sector 4	0.008	-0.0005	0.0001	0.9765	0.329
Sector 5	-0.022	-0.0009	0.0003	-1.2537	0.210

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.19 Resultados del Índice de Moran - ATs con lesionados.

ID	Índice de Moran	E[I]	sd	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.015	-0.0012	0.0124	1.3118	0.084
Sector 2	0.002	0.0029	0.0163	0.2995	0.336
Sector 3	-0.005	-0.0022	0.0104	-0.3282	0.421
Sector 4	-0.006	-0.0014	0.0131	-0.4060	0.362
Sector 5	-0.005	-0.0030	0.0035	-0.0490	0.469

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para los cinco sectores de San Isidro presentan valores para el índice de Moran muy cercanos a 0, lo que técnicamente se suele interpretar como una nula autocorrelación espacial para el conjunto de datos analizados.

Como se puede observar en la Figura N° 4.28, que representa el escenario para los accidentes con lesiones del sector 4, el eje X presenta la cantidad de personas lesionadas para cada accidente de acuerdo con el valor registrado, y sus contrapartes espaciadas se presentan en el eje Y (está variable generada representa el retraso espacial), luego de que todos los valores hayan sido estandarizados o normalizados.

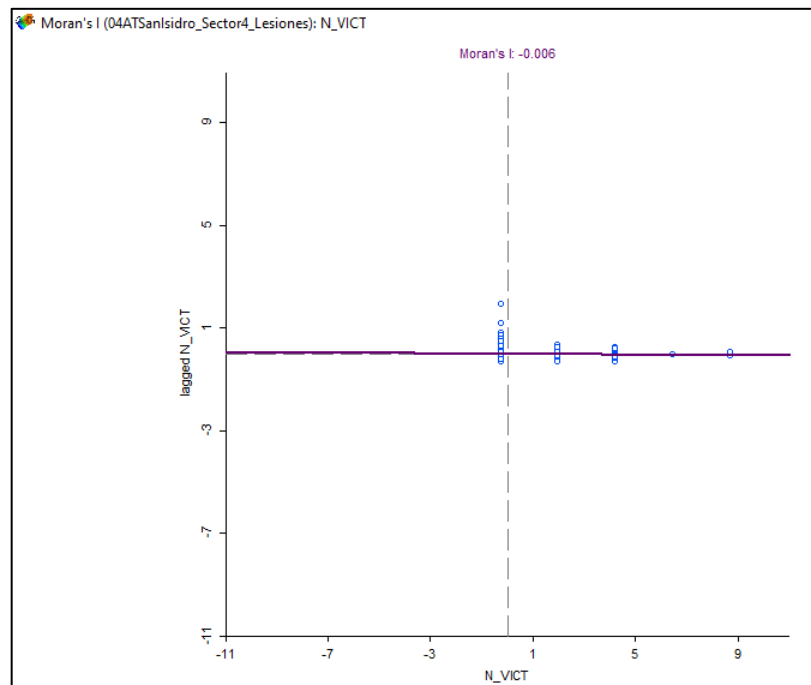


Figura N° 4.28 Gráfico de dispersión de Moran para accidentes con lesiones - Sector 4.

Fuente: Elaboración propia.

En gráfico presentando anteriormente se denomina diagrama de dispersión de Moran y la pendiente de la línea de regresión equivale al valor del índice de Moran para dicho grupo de datos. En la figura anterior es posible ver que los puntos no se distribuyen espacialmente en los cuatro cuadrantes, sino que, por el contrario, se han agrupado en valores únicos para el eje X, formando una especie de columnas. Este efecto suele suceder, para eventos cuyo rango de valores es muy limitado, o cuyos valores se repiten constantemente.

La cantidad de puntos negros obtenidos para cada conjunto de accidentes por sector que registraron lesionados se obtiene a partir del nivel de significancia obtenido para cada uno de ellos. Geoda por defecto estima la cantidad de puntos negros para un conjunto de datos para tres valores del nivel de significancia: 0.05, 0.01 y 0.001. En la Figura N° 4.29 se presenta el mapa que presenta Geoda, con un rango de valores para cada evento de acuerdo al nivel de significancia obtenido para cada uno de ellos, siguiendo el escenario del sector 4. De esta forma, la Tabla N° 4.20 y Tabla N° 4.21 presenta la cantidad de puntos negros estimados para cada sector de acuerdo con tres valores de significancia: 0.05, 0.01 y 0.001.



Figura N° 4.29 Mapa de nivel de significancia para accidentes con lesiones - Sector 4.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.20 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran - ATs con daños materiales.

ID	N° AT's	p = 0.05	p = 0.01	p = 0.001	No significativo
Sector 1	1748	297	53	10	1388
Sector 2	705	167	24	2	512
Sector 3	1135	179	12	4	940
Sector 4	2104	315	41	69	1679
Sector 5	1078	97	67	29	885

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.21 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran - ATs con lesionados.

ID	N° AT's	p = 0.05	p = 0.01	p = 0.001	No significativo
Sector 1	816	165	18	14	619
Sector 2	347	21	0	3	323
Sector 3	466	18	0	7	441
Sector 4	730	52	3	16	659
Sector 5	336	13	2	8	313

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se establece que los accidentes de tránsito que obtuvieron un nivel de significancia mayor o igual a 0.001 son las que representan un punto negro según el índice de Moran, para el cual se definen cuatro tipos de puntos significativos: aquellos que tienen un valor Alto – Alto y Bajo – Bajo son aquellos que presentan una autocorrelación espacial positiva, es decir valores similares se agrupan alrededor de una ubicación cercana. Para los valores del tipo Bajo – Alto y Alto – Bajo, la interpretación difiere en el sentido que eventos con valores diferentes para la variable de análisis se agrupan alrededor de una ubicación cercana. En la Figura N° 4.30 donde se representa su nivel de significancia.

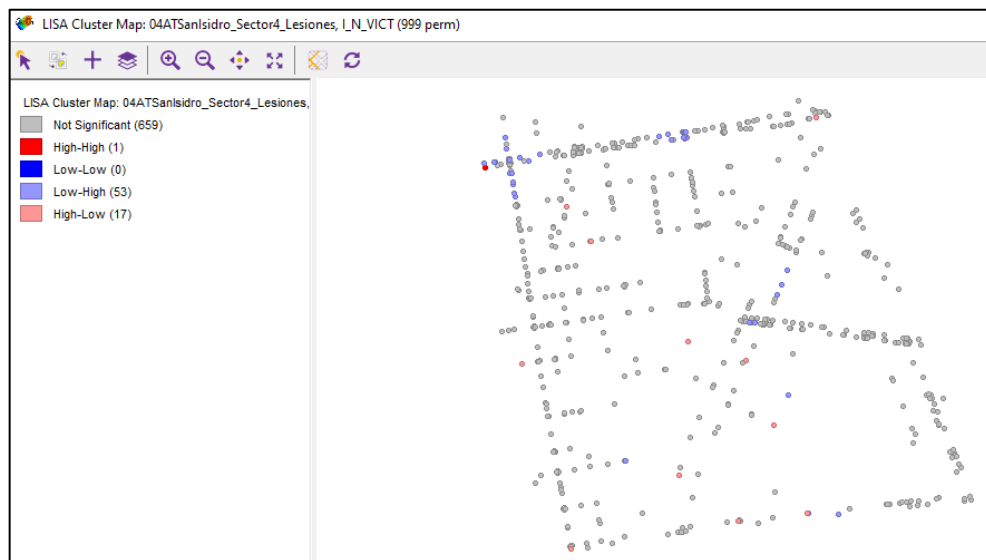


Figura N° 4.30 Mapa de clústers para accidentes con lesiones – Sector 4.

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, en la Tabla N° 4.22 y Tabla N° 4.23 se presenta la cantidad de puntos negros según su tipo para cada sector, para los accidentes con daños materiales y los accidentes con lesionados, respectivamente.

Tabla N° 4.22 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran - ATs con daños materiales.

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo	Bajo – Alto	Alto - Bajo
Sector 1	72	100	92	96
Sector 2	63	34	66	30
Sector 3	44	50	59	42
Sector 4	53	163	128	81
Sector 5	12	116	36	29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.23 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran - ATs con lesionados.

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo	Bajo – Alto	Alto - Bajo
Sector 1	14	69	93	21
Sector 2	2	0	18	4
Sector 3	0	11	6	8
Sector 4	1	0	53	17
Sector 5	1	0	14	8

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la cantidad de puntos negros detectados es posible deducir que la cantidad de accidentes analizados en relación al número de lesionados se encuentran en un nivel de no significancia es muy alta (menos del 90%).

4.6.2.2. Por la hora de ocurrencia

Para la estimación del índice de Moran tomando como variable de análisis la hora de ocurrencia del accidente, se han considerado todos los accidentes ya que este dato se ha registrado para todo el conjunto de registros. La Tabla N° 4.24 presenta los resultados del índice de Moran para cada sector.

Tabla N° 4.24 Resultados del índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.

ID	Índice de Moran	E[I]	sd	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.025	-0.0006	0.0075	3.3564	0.002
Sector 2	0.001	-0.0014	0.0081	0.2157	0.382
Sector 3	0.016	-0.0009	0.0078	2.1948	0.026
Sector 4	0.0001	-0.0005	0.0051	0.0939	0.460
Sector 5	0.016	-0.0009	0.0078	2.0846	0.025

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. $E[I]$: Distancia Media Observada (en metros).
2. sd: desviación estándar.

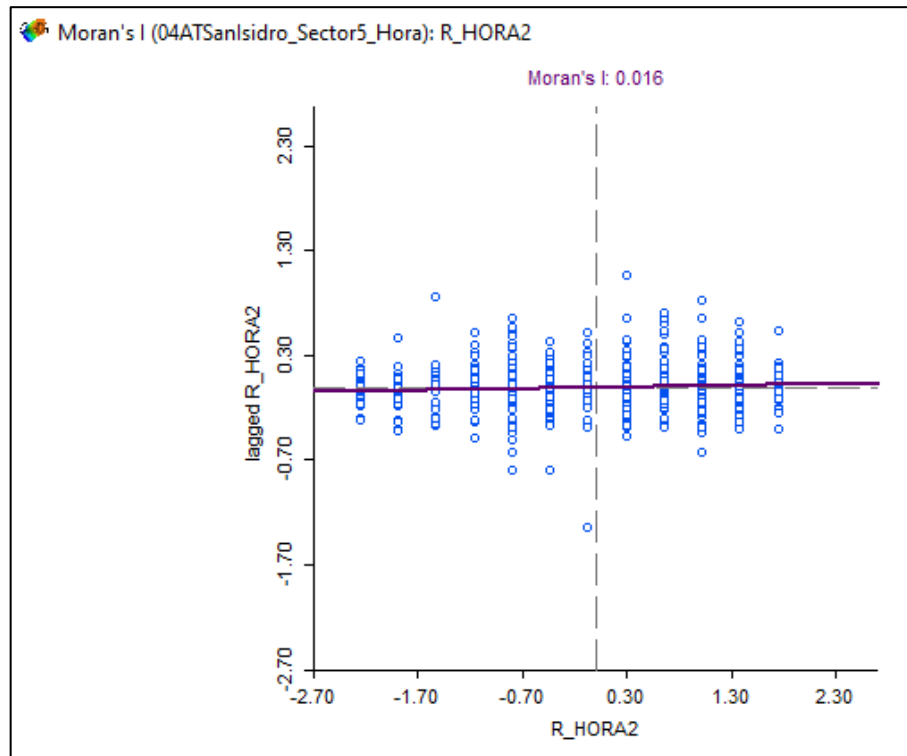


Figura N° 4.31 Gráfico de dispersión de Moran para accidentes por hora - Sector 5.

Fuente: Elaboración propia.

De índice Moran considera un nivel p de significancia estadística, por el cual se estima una cantidad de puntos negros en relación con el número total de eventos que se están evaluando. En la Figura N° 4.32 se presenta el mapa que presenta Geoda, con un rango de valores para cada evento de acuerdo al nivel de significancia obtenido para cada uno de ellos, siguiendo el escenario del sector 5. En este sentido, en la Tabla N° 4.25 se presenta de manera análoga la cantidad de puntos negros estimados para cada sector de acuerdo con 3 valores de significancia en relación a la hora de ocurrencia del accidente.

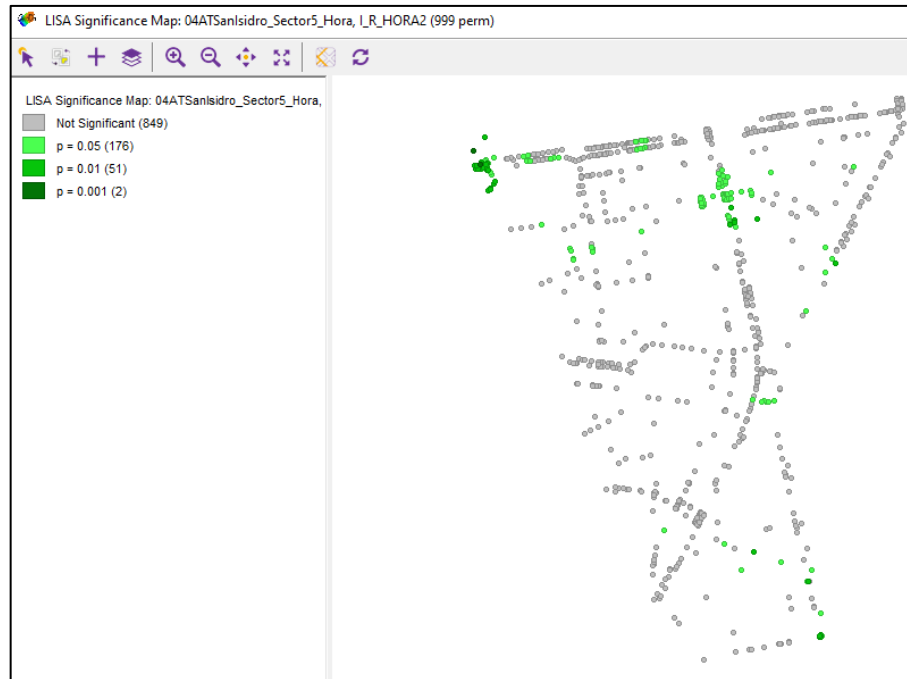


Figura N° 4.32 Mapa de nivel de significancia para accidentes por hora - Sector 5.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.25 Nivel de significancia de los puntos negros detectados por el índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.

ID	N° AT's	p = 0.05	p = 0.01	p = 0.001	No significativo
Sector 1	1748	201	94	22	1431
Sector 2	705	49	19	0	637
Sector 3	1135	151	65	22	897
Sector 4	2104	122	43	15	1924
Sector 5	1078	176	51	2	849

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 4.33 se presenta el mapa que proporciona Geoda acerca de los puntos negros identificados para el conjunto de datos analizados del sector 5 en relación a su hora de ocurrencia según su tipo.

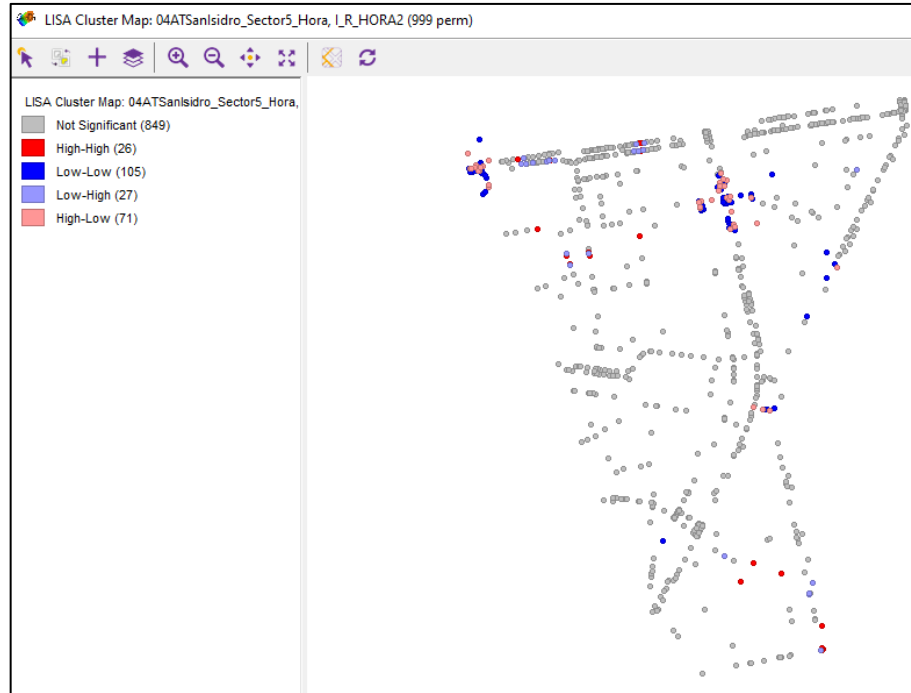


Figura N° 4.33 Mapa de clústers para accidentes por hora - Sector 5.

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, en la Tabla N° 4.26 se presenta la cantidad de puntos negros según su tipo para cada sector, de acuerdo a la hora de ocurrencia del accidente.

Tabla N° 4.26 Número de puntos negros por sector según el índice de Moran de acuerdo a la hora de ocurrencia.

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo	Bajo – Alto	Alto - Bajo
Sector 1	116	57	86	58
Sector 2	23	15	19	11
Sector 3	46	89	35	68
Sector 4	82	29	57	12
Sector 5	26	105	27	71

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Estadístico G* de Getis-Ord

4.6.3.1. Por el nivel de gravedad de los accidentes

Para la estimación del estadístico de G* de Getis – Ord relacionado al nivel de gravedad de los accidentes, de igual manera que para el caso del índice de Moran, solo se han considerado aquellos eventos donde se ha registrado uno a más lesionados, independientemente del tipo de accidente que represente. La Tabla

N° 4.27 y Tabla N° 4.28 presenta los resultados del estadístico de Getis-Ord (G^*) para cada sector, de acuerdo al número de lesionados.

Tabla N° 4.27 Resultados del estadístico G^* de Getis – Ord -Totalidad de ATs.

ID	Índice de Getis Ord G^* (Observado)	Índice de Getis Ord G^* (Esperado)	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.0020	0.0018	2.1894	0.0286
Sector 2	0.0027	0.0024	1.5512	0.1209
Sector 3	0.0027	0.0023	1.2888	0.1975
Sector 4	0.0026	0.0023	1.7342	0.0889
Sector 5	0.0017	0.0020	-1.6426	0.1005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.28 Resultados del estadístico G^* de Getis – Ord - ATs con lesionados.

ID	Índice de Getis Ord G^* (Observado)	Índice de Getis Ord G^* (Esperado)	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.0012	0.0012	2.8225	0.0048
Sector 2	0.0026	0.0025	0.7403	0.4591
Sector 3	0.0231	0.0223	0.5877	0.5567
Sector 4	0.0255	0.0239	2.7597	0.0058
Sector 5	0.0307	0.0286	1.8011	0.0717

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el índice de Moran, para el estadístico G^* de Getis – Ord considera un nivel p de significancia estadística, por el cual se estima una cantidad de puntos negros en relación con el número total de eventos que se están evaluando. En este sentido, la Tabla N° 4.29 y Tabla N° 4.30 presenta la cantidad de puntos negros estimados para cada sector de acuerdo con los 3 valores de significancia definidos previamente.

Tabla N° 4.29 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G^* de Getis – Ord – Totalidad de ATs.

ID	N° AT's	$p = 0.05$	$p = 0.01$	$p = 0.001$	No significativo
Sector 1	1748	298	65	24	1361
Sector 2	705	172	28	3	502
Sector 3	1135	201	20	9	905
Sector 4	2104	273	50	74	1707
Sector 5	1078	79	74	41	884

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.30 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G* de Getis - Ord - ATs con lesionados.

ID	N° AT's	p = 0.05	p = 0.01	p = 0.001	No significativo
Sector 1	816	155	41	87	533
Sector 2	347	17	0	29	301
Sector 3	466	24	7	38	397
Sector 4	730	42	2	146	540
Sector 5	336	7	2	76	251

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del índice de Moran, la detección de puntos negros a partir del estadístico de Getis – Ord solo proporciona dos tipos: Alto – Alto y Bajo – Bajo. En la Tabla N° 4.31 y Tabla N° 4.32 se presenta la cantidad de puntos negros según su tipo para cada sector, de acuerdo al número de lesionados considerando todos los accidentes y solo aquellos que registraron lesionados.

Tabla N° 4.31 Número de puntos negros por sector según el estadístico G* de Getis - Ord – Totalidad de ATs.

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo
Sector 1	137	250
Sector 2	119	84
Sector 3	90	140
Sector 4	107	290
Sector 5	31	163

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.32 Número de puntos negros por sector según el estadístico G* de Getis - Ord - ATs con lesionados

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo
Sector 1	74	209
Sector 2	17	29
Sector 3	4	65
Sector 4	44	146
Sector 5	9	76

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3.2. Por la hora de ocurrencia de los accidentes

Para la estimación del estadístico G* de Getis – Ord considerando como la variable de análisis la hora de ocurrencia de los accidentes, al igual que para el índice de

Moran se han considerado todos los registros dado que para cada uno de ellos se cuenta con esta información. La Tabla N° 4.33 presenta los resultados del estadístico de Getis-Ord (G^*) para cada sector, en relación a la hora de ocurrencia.

Tabla N° 4.33 Resultados del estadístico G^* de Getis - Ord de acuerdo a la hora de ocurrencia.

ID	Índice de Getis Ord G^* (Observado)	Índice de Getis Ord G^* (Esperado)	Puntuación Z	Pseudo-valor p
Sector 1	0.0211	0.0213	-0.3222	0.7473
Sector 2	0.0773	0.0771	0.0838	0.9332
Sector 3	0.0222	0.0223	-0.2407	0.8098
Sector 4	0.0240	0.0239	0.1715	0.8638
Sector 5	0.0029	0.0029	0.1794	0.8576

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 4.34 presenta la cantidad de puntos negros estimados para cada sector de acuerdo con los 3 valores de significancia definidos previamente.

Tabla N° 4.34 Nivel de significancia de los puntos negros detectados según el estadístico G^* de Getis - Ord de acuerdo a la hora de ocurrencia.

ID	N° AT's	p = 0.05	p = 0.01	p = 0.001	No significativo
Sector 1	1748	204	92	23	1429
Sector 2	705	53	17	0	635
Sector 3	1135	143	70	23	899
Sector 4	2104	119	44	14	1927
Sector 5	1078	171	53	3	851

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla N° 4.35 se presenta la cantidad de puntos negros según su tipo para cada sector, de acuerdo con la hora de ocurrencia del accidente.

Tabla N° 4.35 Número de puntos negros por sector según el estadístico G^* de Getis - Ord de acuerdo a hora de ocurrencia.

ID	Alto – Alto	Bajo – Bajo
Sector 1	191	128
Sector 2	43	27
Sector 3	75	161
Sector 4	135	42
Sector 5	50	177

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Análisis y discusión de resultados

5.1. Análisis de la estimación de densidad de Kernel

Conforme a lo descrito en las secciones anteriores, el análisis de la estimación de densidad de Kernel se llevará a cabo sobre los resultados de los promedios anuales tanto para el método de la función de red similar al de la función planar. Sin embargo, el parámetro más susceptible es el ancho de banda, el cual como señala O'Sullivan y Unwin, si es un valor demasiado pequeño, el mapa de densidad simplemente determinará los puntos negros de forma individual sin que logré mostrar indicios de cualquier asociación espacial entre los accidentes de tránsito localizados más cercanos entre sí. Por otro lado, la situación opuesta es seleccionar un valor de ancho de banda demasiado grande de manera que se generen sobreagrupamientos entre los accidentes de tránsito localizados sobre un área en particular, lo que ocasionaría una falsa percepción a la hora de identificar los puntos negros.

A la fecha, no se ha realizado metodología alguna sobre la selección del ancho de banda óptimo, por lo que diversos investigadores han sugerido experimentar con un ancho de banda entre un rango de valores. Este estudio siguió el procedimiento sugerido por Anderson (2009) y Plug et al. (2011), los cuales propusieron una especie de análisis de sensibilidad, para el cual se probaron diferentes valores entre un intervalo previamente definido para cada uno de los métodos descritos por cada tipo de análisis.

Es importante tener en cuenta, que la estimación de densidad de Kernel como patrón espacial solo toma en cuenta la cantidad de accidentes de tránsito suscitados en el área de estudio (en este caso San Isidro), sin tomar en cuenta variables como el tipo de accidente o la gravedad de este, la hora de la ocurrencia, o el día en que se produjo el accidente de tránsito. Estas variables se correlacionan de forma más apropiada bajo el enfoque de indicadores espaciales.

La última consideración tomada es que los accidentes de tránsito del tipo "Otros" no han sido incluidos en ninguno de los análisis ya sea para el cálculo de patrones espaciales ni para la estimación de indicadores espaciales, ya que en realidad estos eventos configuran hechos fortuitos y aislados, como lo puede representar el incendio de un vehículo o la caída de un pasajero, que de ser tomados en cuenta

podrían distorsionar los resultados obtenidos bajo la metodología adoptada para el presente estudio, pudiendo ocasionar la sobre detección de puntos negros, lo que se conoce como faltos positivos.

5.1.1. Función de Densidad Planar

La función de probabilidad elegida para el método planar fue la función cuártica y los valores predefinidos para el ancho de banda fueron: 50, 100, 150 y 200 m.

La Figura N° 5.1 muestra el ráster obtenido de aplicar la función la densidad de Kernel para un ancho de banda de 50 m enfocado en los sectores 1 y 2, luego de haber promediado los ráster de densidad de Kernel para cada año entre 2016 y 2019. Para este estudio se ha establecido que los puntos negros sean aquellos que presenten una densidad alta (color naranja) y densidad muy alta (color rojo).

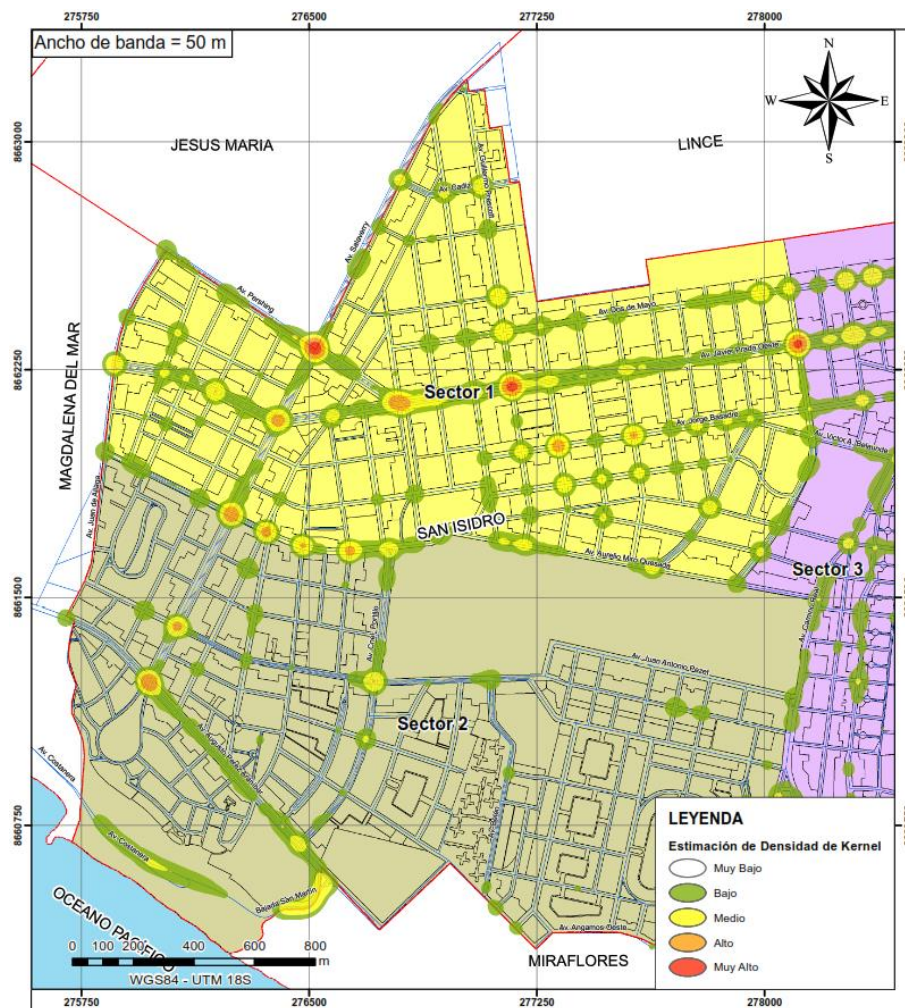


Figura N° 5.1 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un Ab = 50 m.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, haber empleado el valor el menor valor para el ancho de banda (en este caso 40 m), el resultado son ubicaciones puntales representadas principalmente por intersecciones caracterizados con una densidad media a alta. En la Figura N° 5.2 y Figura N° 5.3 se visualizan dos intersecciones detectadas como puntos negros identificados en el sector 2, que según su geometría se caracterizan por ser de tipo cruz y tee, respectivamente. Los puntos negros identificados sobre las vías del distrito de San Isidro poseen básicamente esta configuración geométrica: intersecciones semaforizadas, de dos a tres carriles por sentido con separador central.



Figura N° 5.2 Vista aérea de la intersección Av. Salaverry - Av. Pérez Aranibar.

Fuente: Elaboracion propia.



Figura N° 5.3 Vista aérea de la intersección Av. Pérez Aranibar - Av. Crnel. Pedro Portillo.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 5.4 muestra el ráster obtenido para el estimador de densidad de kernel planar para un ancho de banda de 100 m, distinguiéndose una variación de una densidad media determinada en el ráster anterior, a una densidad baja en el ráster de esta figura, sin embargo, las ubicaciones puntuales que se detectaron mediante este ancho de banda, se expanden a lo largo de algunos ejes principales como lo son la Av. Javier Prado Oeste, la Av. Perez Aranibar y la Av. Costanera.

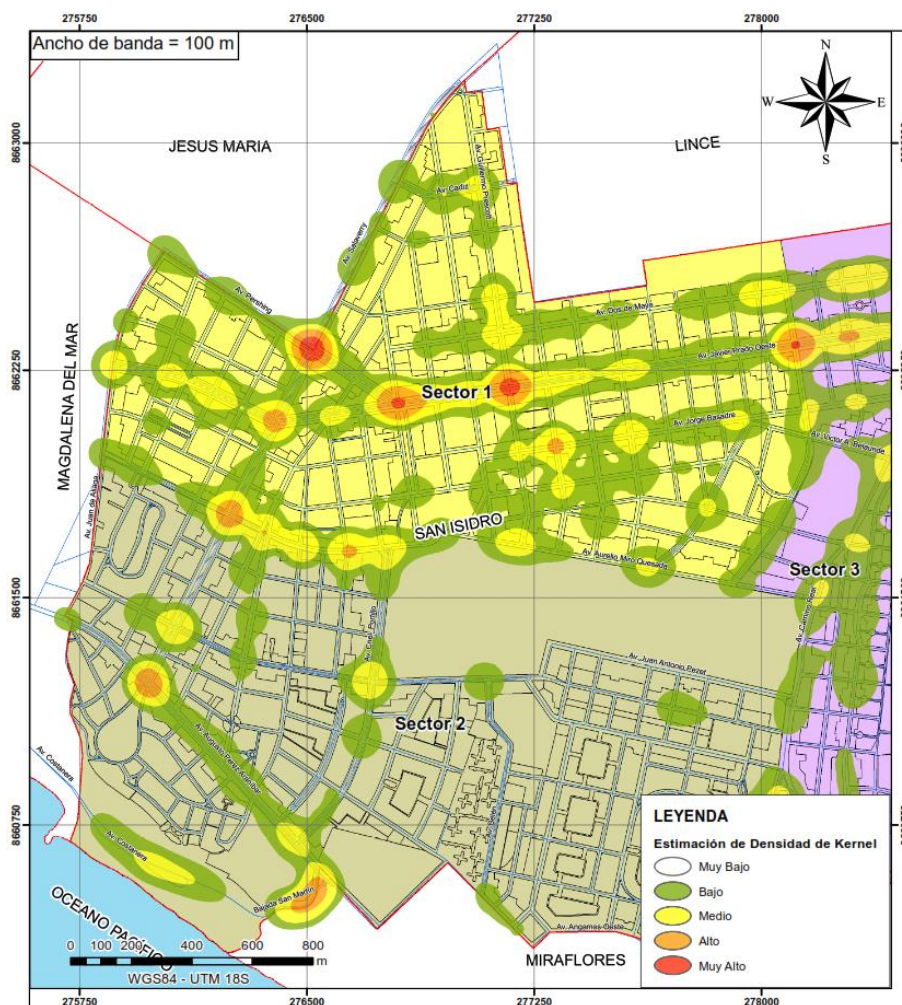


Figura N° 5.4 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 100$ m.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 5.5 se presenta el mapa de densidad de Kernel para un ancho de banda de 150 m, enfocándose en los sectores 3, 4 y 5 del distrito de San Isidro. Se visualiza que la densidad se extiende ya no solo a lo largo de los principales ejes viales, sino que también a lo ancho de toda el área, invadiendo espacios que representan las manzanas del distrito. Esto ocurre porque la densidad planar considera que el ancho de banda empleado para generar estos agrupamientos es

medido de forma euclidiana. Los sectores 3 y 4 están divididos por la Av. Arequipa, eje sobre el cual se han identificado varios puntos negros, como se presenta en la Tabla N° 4.9. La Av. Petit Thouars que se encuentra ubicada una manzana paralela a la Av. Arequipa, también representa un eje vial importante sobre el que se producen accidentes de manera frecuente. Empleando un ancho de banda de 150 m, vemos que el nivel de densidad de accidentes clasificada como media se extiende a lo largo de la Av. Javier Prado Este, con algunas intersecciones caracterizadas del tipo alto y muy alto, entre las que destacan la Av. Arenales, Arequipa, Av. Petit Thouars, Av. Paseo Parodi, Av. Rivera Navarrete, Ca. Francisco Masías y el puente Javier Prado.

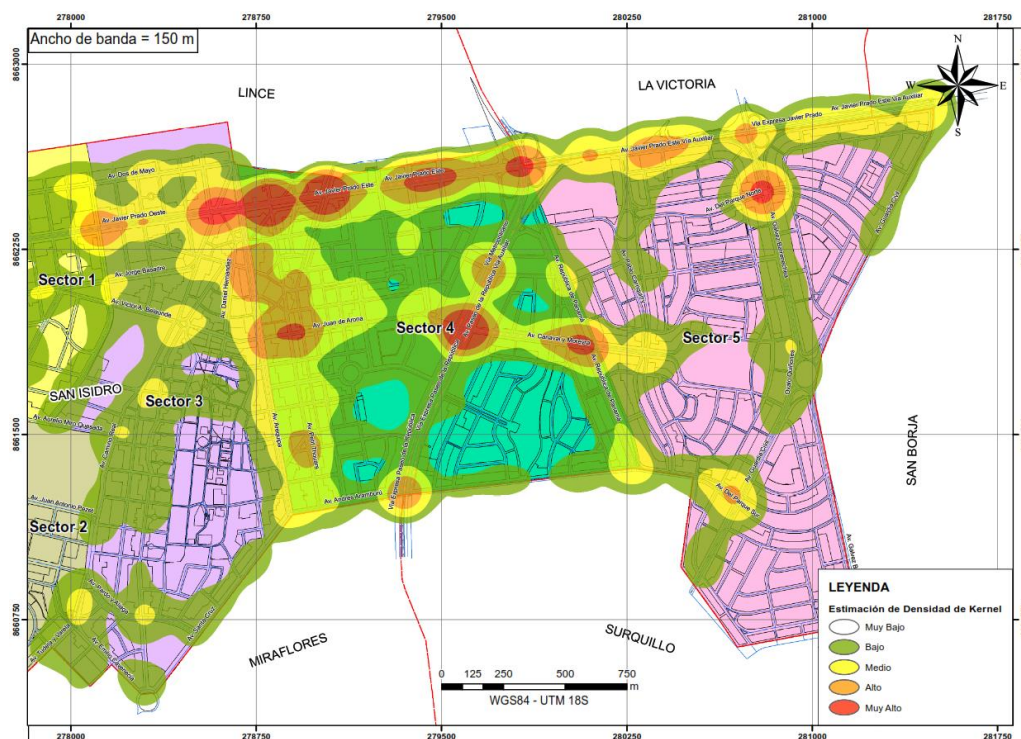


Figura N° 5.5 Mapa de KDE del Promedio Anual para el distrito de San Isidro para un $Ab = 150$ m.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura N° 5.7 se presenta el mapa de densidad de Kernel para el último valor del ancho de banda analizado que es 200 m. En este mapa se aprecia que la estimación de densidad se ha expandido a través del área de los sectores 3 y 4, llegando a extenderse el 60% y 75% para cada uno de los sectores indicados, respectivamente, debido a que estos han registrado la mayor cantidad de accidentes de tránsito del distrito. Se puede distinguir que la densidad media de los accidentes se centra alrededor de la Av. Arequipa. Una característica bien

definida de los puntos negros en la gran aglomeración de vehículos cuando transitan por una intersección, como se observa en la Figura N° 5.6.

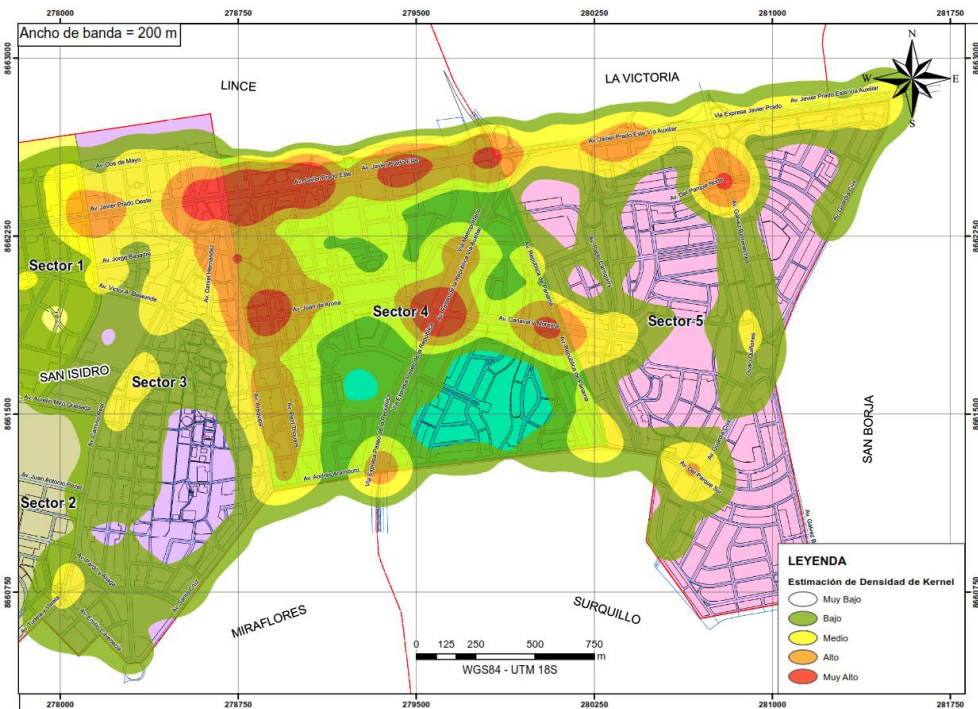


Figura N° 5.6 Mapa de KDE del promedio anual para el distrito de San Isidro para un Ab = 200 m.

Fuente: Elaboración propia.

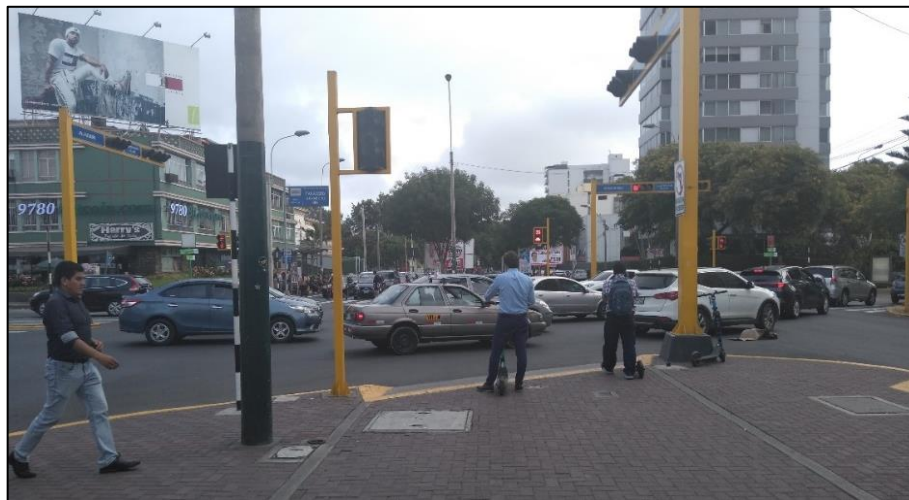


Figura N° 5.7 Intersección Av. Arequipa - Av. Aramburú.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la Av. Javier Prado Este, entre la Av. Arenales y el puente Quiñones, representa un eje de alta concentración de accidentes, ya que sus niveles de densidad varían entre media y muy alta, donde quedan expuestas con mayor claridad los puntos indicados para el ancho de banda de 150 m.

La Av. Canaval y Moreyra entre el puente Corpac y el Ministerio del Interior, también es un eje que presenta un nivel de densidad de media a muy alta. En el sector 5, la mancha que se expande en toda el área disminuye considerablemente en comparación a los sectores 3 y 4, detectándose solo un punto negro en la intersección de la Av. Del Parque Norte y la Av. Gálvez Barrenechea.

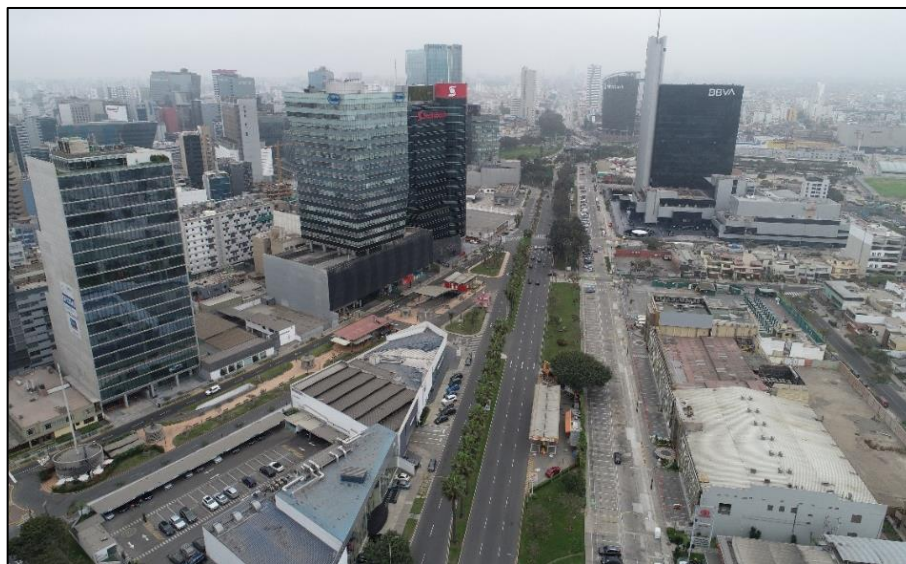


Figura N° 5.8 Vista aérea de la Av. Canaval y Moreyra en dirección a la Av. Paseo de la República.
Fuente: Elaboración propia.

La estimación de densidad de Kernel por el método planar deja claro que el parámetro más sensible para identificar puntos negros es el ancho de banda. Al variar los valores, de acuerdo a lo descrito, se ha pasado de visualizar puntos aislados de acuerdo al nivel de densidad establecido (ancho de banda de 50 m), pasando por la detección de vías a los largo de las cuales se ha detectado niveles de densidad alta y muy alta (anchos de banda de 100 y 150 m), alcanzando que la huella de la estimación de densidad de distribuya a través de toda el área que representan los cinco sectores en los que se divide San Isidro, para el ancho de banda de 200 m.

5.1.2. Función de densidad de red

Para el análisis de la estimación de Kernel mediante la función de red se ha creído conveniente presentar los resultados por sector, mostrando adicionalmente el uso de suelo que rodea las vías urbanas con la finalidad de describir aspectos que relacionan estas dos variables.

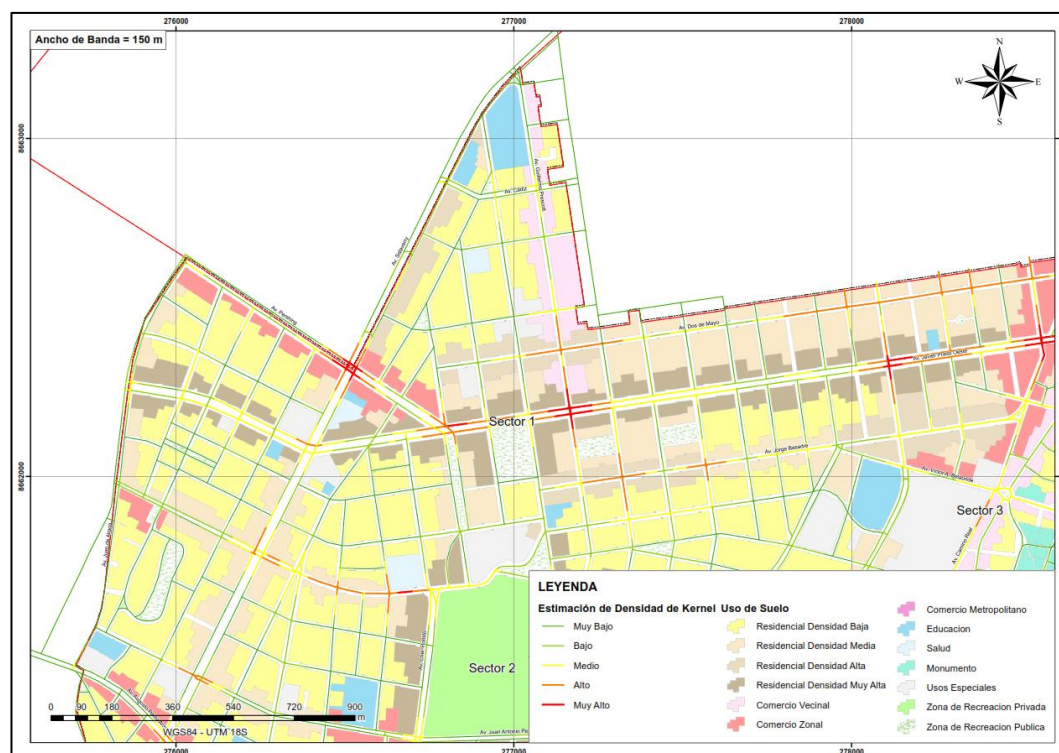


Figura N° 5.9 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 1 para un Ab = 150 m.

Fuente: Elaboración propia

La Figura N° 5.9 muestra la estimación de densidad de Kernel, para un ancho de banda de 150 m, para el sector 1. La vía más importante que cruza el sector 1 es la Av. Javier Prado Oeste, en donde se localizan los puntos negros indicados en la Tabla N° 4.9, identificados por el método planar, y confirmados por el método de red, a los que adicionalmente se detectan 5 puntos negros adicionales, 3 de ellos en las intersecciones a lo largo de la Av. Dos de Mayo (Av. Guillermo Prescott, Ca. Los Laureles y Ca. Las Flores).

Sin embargo, emplear un ancho de banda mayor para el método de red conlleva a la posibilidad de identificar no solo puntos negros los cuales principalmente son constituidos por las intersecciones, sino que podrían identificarse tramos de concentración vial, a raíz de la ocurrencia de accidentes a lo largo de las avenidas más importantes del sector.

Nótese que, sobre los ejes mencionados, las zonas urbanas están rodeadas por manzanas caracterizadas como zonas “Residencial de Densidad Media” y “Residencial de Densidad Alta”, variable que podría correlacionarse con el flujo vehicular que transita por estos lugares, como se puede observar en la Figura N° 5.10.



Figura N° 5.10 Vista aérea de la Av. Javier Prado Oeste.

Fuente: Elaboración propia.

En el sector 1 no se logra identificar algún tramo importante donde ocurran accidentes de tránsito, sin embargo, sino se tomará ninguna medida, varias vías que actualmente se encuentran con una densidad media de accidentes de tránsito, identificadas por color amarillo, podrían convertirse en vías de densidad alta en el corto plazo, como el caso de la Av. Javier Prado Oeste, Av. Dos de Mayo, Av. Jorge Basadre, Av. Alberto del Campo y Av. Miro Quesada (éstas dos últimas conforman un mismo eje).

La estimación de densidad de Kernel para el ancho de banda de 150 m para el sector 2 se presenta en la Figura N° 5.11. Este es el sector que presenta la menor cantidad de puntos negros (3), identificados por la función planar como por la función de red. La mayor cantidad de vías localizadas en esta área presentan una densidad de accidentalidad entre muy baja y baja, identificada por el color verde oscuro y verde claro, respectivamente. Uno de los principales factores para que esta situación ocurra podría deberse a que la mayor parte de la zona urbana esta caracterizada como “Residencial de Baja Densidad”. Las vías más importantes que pasan por este sector son la Av. Salaverry, Av. Del Ejército y la Av. Juan Pezet, sobre las cuales se ubican los puntos negros identificados.

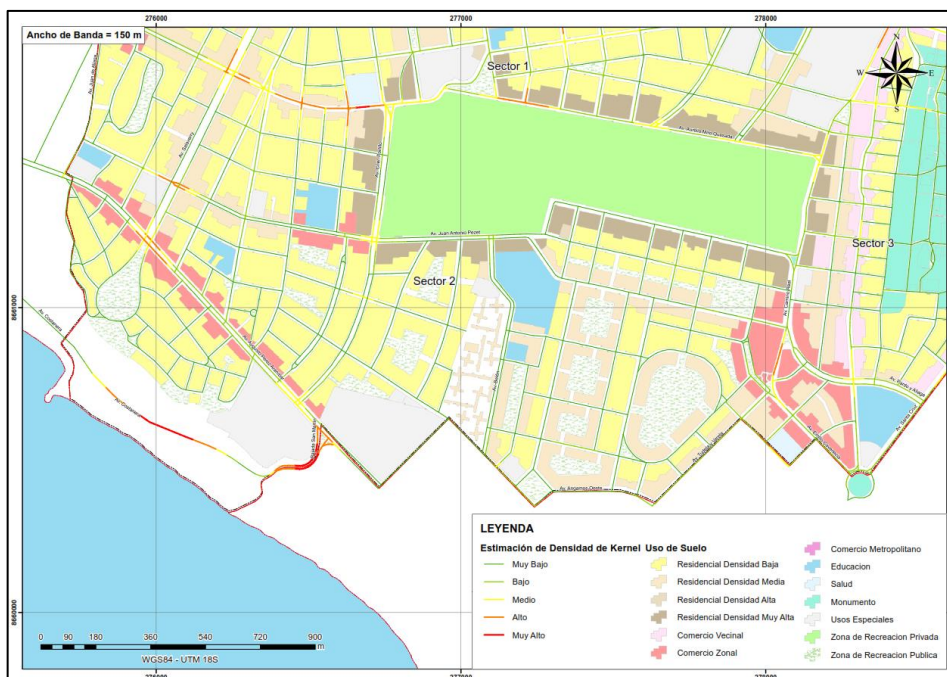


Figura N° 5.11 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 2 para un Ab = 150m.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 5.12 muestra el mapa de densidad de Kernel obtenido a partir de la función de densidad de red con un ancho de banda de 150 m, para los sectores 3 y 4 de San Isidro.

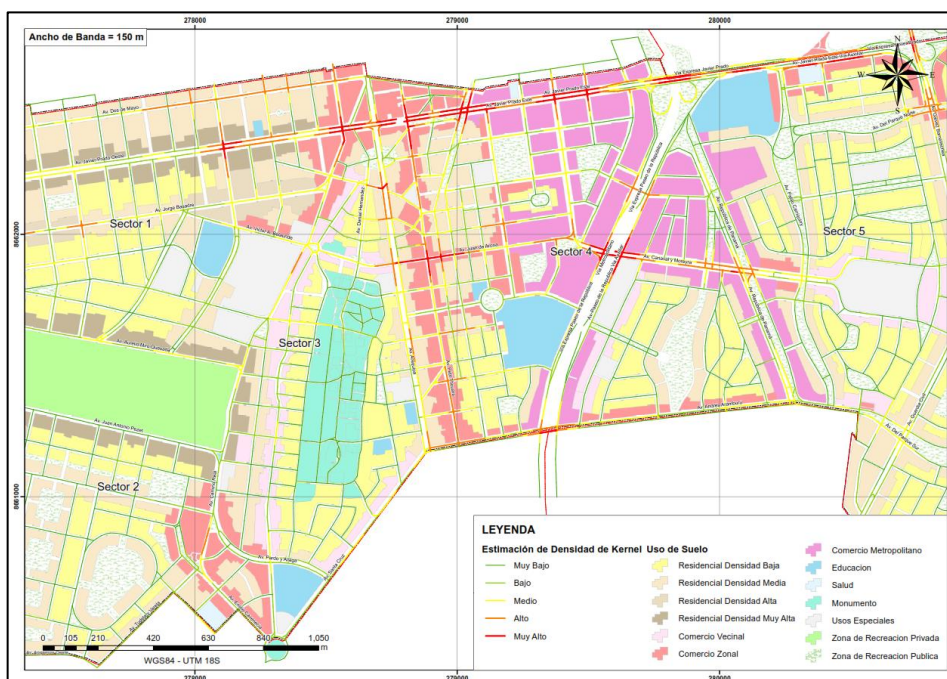


Figura N° 5.12 Mapa de KDE promedio anual para el Sector 3 y 4 para un Ab = 150 m.

Fuente: Elaboración propia.

En este mapa se puede apreciar claramente la formación de un tramo de concentración vial, localizado a lo largo de la Av. Javier Prado Oeste/Este, que se extiende desde Ca. Las Palmeras, hasta la altura del puente Javier Prado (intersección con el trébol de la vía expresa Paseo de la República). Es sobre estos dos sectores donde se localizan las áreas más comerciales del distrito, conformada por manzanas caracterizadas como “Comercio Metropolitano”, donde se encuentran importantes edificios en su mayoría destinados al uso de oficinas, las cuales en la actualidad cuentan con niveles destinados a estacionamientos, lo que representa un buen indicio de flujos de ingreso y salida constante de vehículos desde estos puntos. La Av. Arequipa y la Av. Petit Thouars también podrían formar parte de estos tramos de concentración vial, a partir de la intersección con la Av. Juan de Arona hasta la Av. Javier Prado Este. Esta área posee un uso de suelo distribuido entre “Comercios Zonales” y “Residencial de Densidad Media”.

Otros tres puntos negros importantes son los detectados en el puente Corpac (Av. Canaval y Moreyra), puente Andrés Reyes y puente Aramburú, todos ubicados sobre la vía expresa Paseo de la República. Esta zona está controlada por el ingreso y salida de vehículos desde la vía expresa hacia las vías urbanas del distrito, como se observa en la Figura N° 5.13, ya que cerca de ellas se ubican grandes centros comerciales, edificios de oficinas o incluso centros médicos, que son potenciales puntos de atracción de viajes donde se generan un gran flujo vehicular no solo en horas pico, sino también en el transcurso de todo el día (el uso de suelo predominante en esta área es “Comercio Metropolitano”).



Figura N° 5.13 Ingresos de la vía expresa hacia las vías urbanas.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 5.14 análogamente a las figuras anteriores, muestra el mapa de densidad de Kernel con el método de red obtenido para el sector 5.

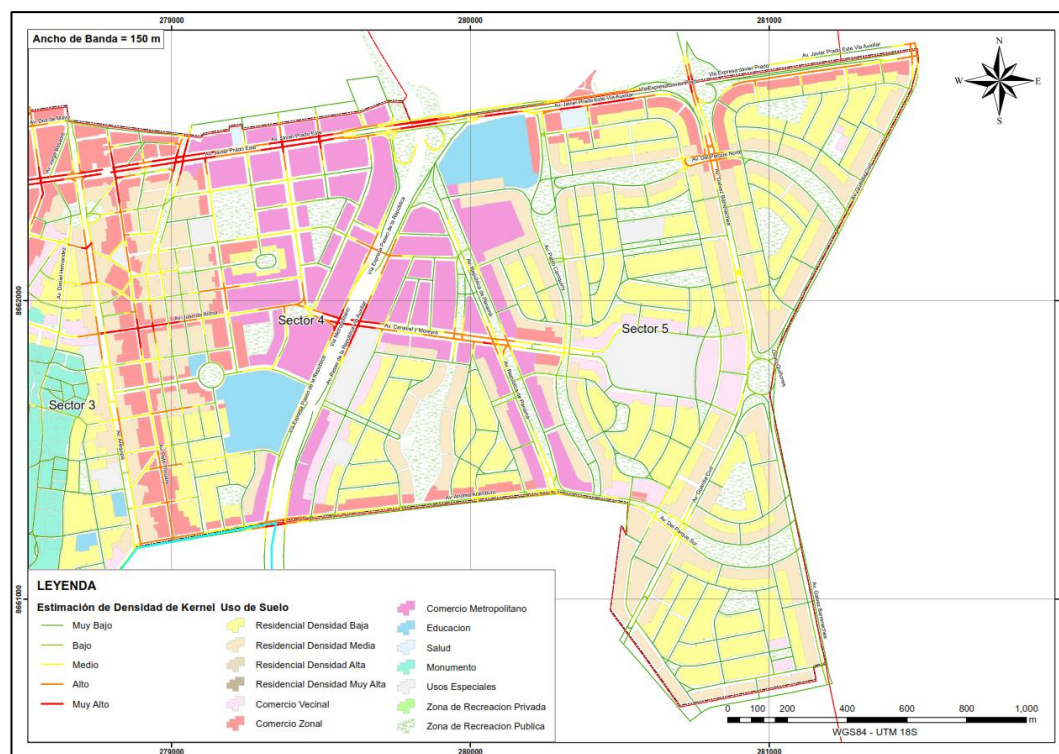


Figura N° 5.14 Mapa de KDE del promedio anual para el Sector 5 para un Ab = 150 m.

Fuente: Elaboración propia.

En el sector 5 ocurre una situación similar a la descrita para el sector 2. Esta área del distrito se encuentra ubicada principalmente por manzanas caracterizadas como “Residencial de Densidad Baja”. Con el método de la función de red, se logran detectar dos puntos negros adicionales a los identificados con el método de la función planar, los cuales son las intersecciones entre la Ca. Ricardo Ángulo y las Av. del Parque Norte y Av. del Parque Sur. Otros dos puntos negros han sido identificados en la Av. Javier Prado Este, al frontis del colegio San Agustín y de la Clínica Ricardo Palma. Otro de los ejes importantes sobre el que se identifican los puntos negros restantes es la Av. José Gálvez Barrenechea, en el Puente Quiñones (altura de la Vía Expresa Javier Prado), y la Av. del Parque Norte.

El último punto negro detectado en el sector 5, corresponde al localizado en la intersección de la Av. Guardia Civil y la Av. Javier Prado Este, casi al límite con el distrito de San Borja. Como ha sido un factor constante, estos puntos se encuentran rodeados de manzanas que tienen un uso de “Comercio Zonal”, lo que

da un indicio de la fuerte correlación que existe entre el uso de suelo y la demanda vehicular que circula por las vías de las áreas sujetas de estudio.

5.1.3. Análisis de la distancia del vecino más cercano

De manera análoga al estimador de la densidad de Kernel, la distancia del vecino más cercano se puede estimar de dos formas: planar y de red (lineal). A continuación, se presentan los resultados obtenidos para ambos casos.

5.1.3.1. Distancia del vecino promedio más cercano planar

El primero de los indicadores analizado es el índice del vecino más cercano. Este método de agrupación espacial se aplicó en primer lugar para todo el conjunto de accidentes de tránsito registrados para cada sector, y luego se realizó el mismo análisis por tipo de accidente.

La Tabla N° 4.13 muestra los resultados para cada año y sector de las distancias observadas, distancias esperadas, índice del vecino más cercano y el valor de la puntuación z, para cada caso analizado.

Como se puede observar, para todos los casos se ha obtenido un índice del vecino promedio más cercano entre 0.49 y 0.75, es decir el valor de la distancia observada ha resultado menor a la de la distancia esperada, concluyendo que para todos los años de análisis se detecta que existe un patrón de agrupamiento para estos sectores. Otro detalle que también se visualiza, es que los valores calculados para la puntuación z se encuentran por debajo de -2.58 para todos los casos analizados, lo que se interpreta que existe una probabilidad menor al 1% de que el patrón de agrupamiento puede darse como resultado de una verisimilitud aleatoria. Este efecto es probable que se produzca por la gran cantidad de accidentes registrados para cada sector. La Tabla N° 5.1 muestra el resumen de los resultados de distribución obtenidos para cada sector por cada año analizado.

Tabla N° 5.1 Patrón de distribución de los AT's.

Sector	Año	Distribución	Sector	Año	Distribución
Sector 1	2016	Agrupada	Sector 3 y 4	2016	Agrupada
	2017	Agrupada		2017	Agrupada
	2018	Agrupada		2018	Agrupada
	2019	Agrupada		2019	Agrupada

Sector	Año	Distribución	Sector	Año	Distribución
Sector 2	2016	Agrupada	Sector 5	2016	Agrupada
	2017	Agrupada		2017	Agrupada
	2018	Agrupada		2018	Agrupada
	2019	Agrupada		2019	Agrupada

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados anteriores, se ha tomado la decisión de realizar un análisis disgregado considerando cada tipo de accidente de forma independiente, con la finalidad de tener una idea más clara de los patrones de distribución para cada uno de estos casos, en los que interactúan diferentes actores y factores.

5.1.3.2. Atropellos

Los accidentes de tránsito tipo atropellos involucran la interacción de un automóvil con un peatón, el cual por lo general sufre lesiones de leves a muy graves dependiendo de la intensidad del impacto. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada sector.

En el sector 1, se obtiene un valor promedio para la distancia observada de 104.72 m y una distancia esperada promedio de 124.87 m para los cuatro años de estudio, de los que se obtiene un índice del vecino promedio más cercano que oscila entre 0.71 y 1.06, es decir, para los tres primeros años se ha determinado un patrón de agrupamiento y para el último un patrón de aleatoriedad.

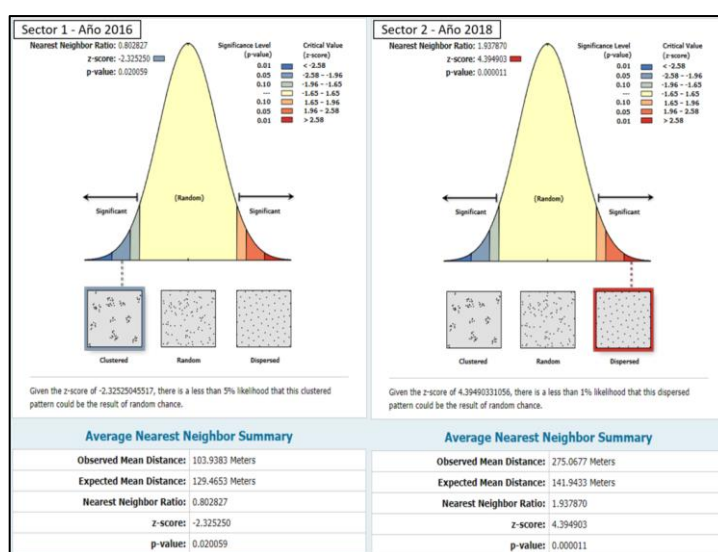


Figura N° 5.15 NND planar para Atropellos - Sector 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia.

Caso distinto para el sector 2, la distancia observada es mayor a la distancia esperada, con un valor de la puntuación z mayor a 2.58, para tres de los cuatro años, lo que ha dado como resultado un patrón de dispersión. La Figura N° 5.15 muestra los resultados descritos para los sectores 1 y 2.

Por otro lado, para los sectores 3 y 4, los cuales se han analizado como uno solo, la distancia observada promedio es 77.96 m y la distancia esperada promedio de 108.31 m, lo que ha dado un índice del vecino promedio más cercano menor a 1 (entre un rango de 0.69 y 0.73), con valores de la puntuación z menor a -2.58, para los cuatro años de estudio, obteniendo un patrón de agrupamiento.

Por último, para el sector 5 el valor para la distancia observada promedio de 166.02 m y una distancia esperada promedio de 173.88 m, con valores de la puntuación z que se encuentran dentro del rango -1.65 a 1.65 para todos los casos, obteniendo para este sector distribuciones de aleatoriedad. Los resultados descritos se observan en la Figura N° 5.16.

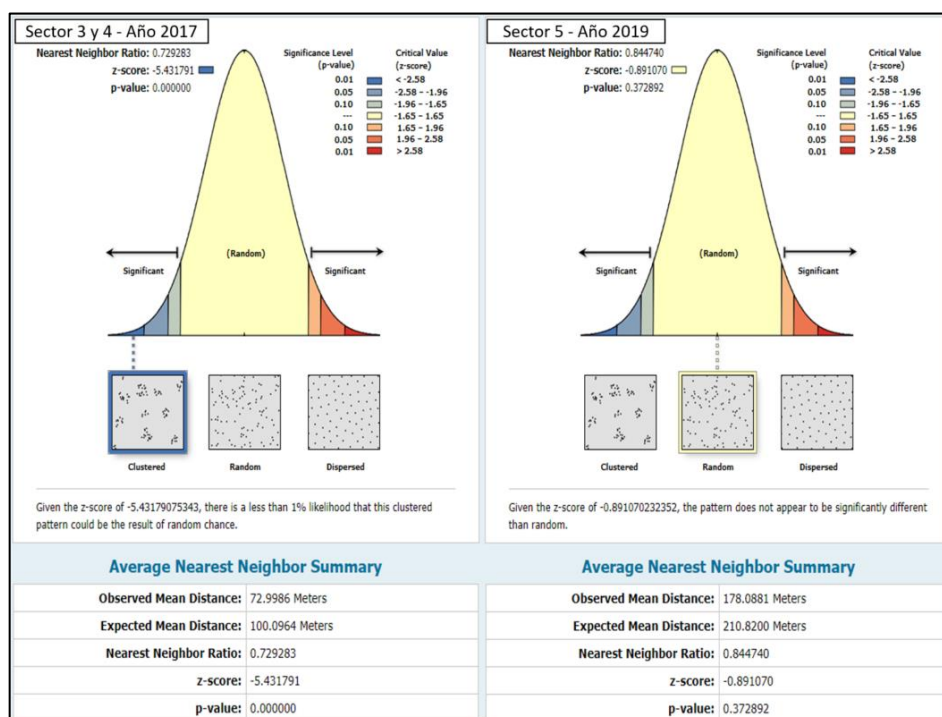


Figura N° 5.16 NND planar para Atropellos - Sectores 3-4 y 5.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 5.2 muestra el resumen de los resultados de distribución obtenidos para los accidentes tipo atropello, para cada sector por cada año analizado.

Tabla N° 5.2 Patrón de distribución de los AT's tipo "Atropello".

Sector	Año	Distribución	Sector	Año	Distribución
Sector 1	2016	Agrupada	Sector 3 y 4	2016	Agrupada
	2017	Agrupada		2017	Agrupada
	2018	Agrupada		2018	Agrupada
	2019	Aleatoria		2019	Agrupada
Sector 2	2016	Dispersa	Sector 5	2016	Aleatoria
	2017	Aleatoria		2017	Aleatoria
	2018	Dispersa		2018	Aleatoria
	2019	Dispersa		2019	Aleatoria

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.3. Choques

Los choques son tipos de accidentes que se producen por el impacto entre un vehículo y un objeto (también se le conoce como colisión), o el impacto entre dos o más vehículos, los cuales, dependiendo de la intensidad del impacto, suelen ocasionar daños materiales, o lesiones a los conductores y pasajeros, de ser el caso. Además, de acuerdo con las estadísticas señaladas en la Tabla N° 3.9, representan en promedio cerca del 80% del total de accidentes registrados en el distrito de San Isidro. A continuación, se describen los resultados para los sectores analizados.

En el sector 1, el valor promedio para la distancia observada y esperada es 25.78 m y 48.85 m, por lo cual el NND se encuentra entre 0.50 y 0.57, lo que quiere decir que los choques ocurridos en este sector muestran un patrón de agrupamiento. Para el sector 2, la tendencia es similar a la del sector 1, detectándose un valor atípico para el año 2018, donde se obtuvo un patrón de dispersión. El análisis para los sectores 3 y 4 dan como resultado nuevamente un patrón de agrupamiento entre los choques registrados en esta área, con un NND que varía entre 0.48 y 0.52. Por último, el sector 5 también muestra un patrón de agrupamiento para los cuatro años de análisis, con un promedio de la distancia observada de 33.08 m respecto a un valor de 62.52 m para el promedio de la distancia esperada, con un NND que se encuentra en el rango de 0.51 a 0.54, y valores para la puntuación z menores a -2.58. Los resultados descritos para los sectores 1 y 2 se visualizan en la Figura N° 5.17, y para los sectores 3 -4 y el sector 5, en la Figura N° 5.18.

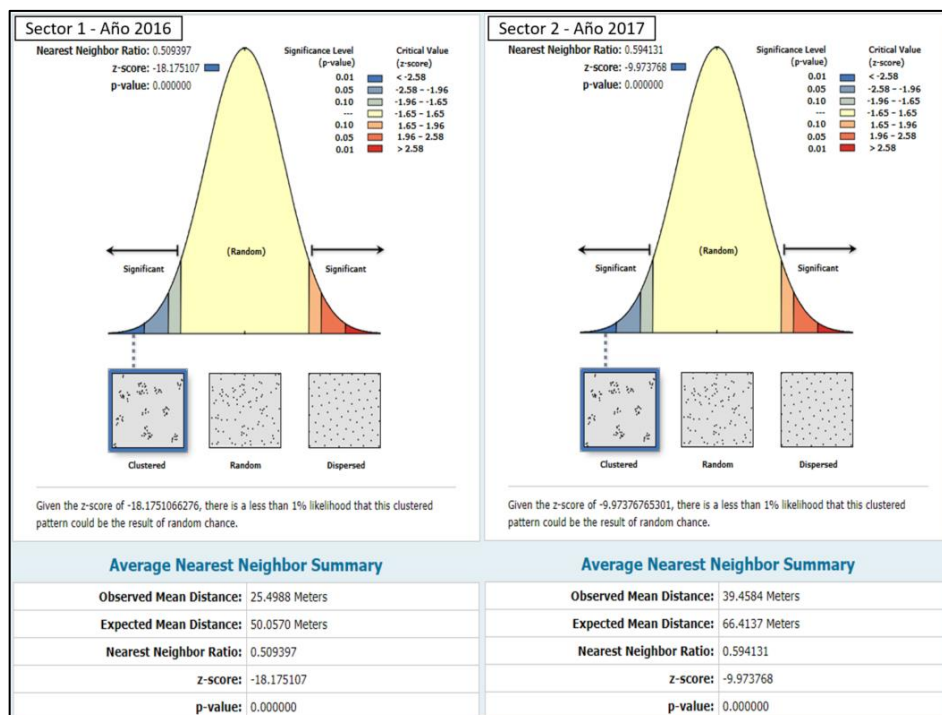


Figura N° 5.17 NND planar para Choques - Sectores 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia.

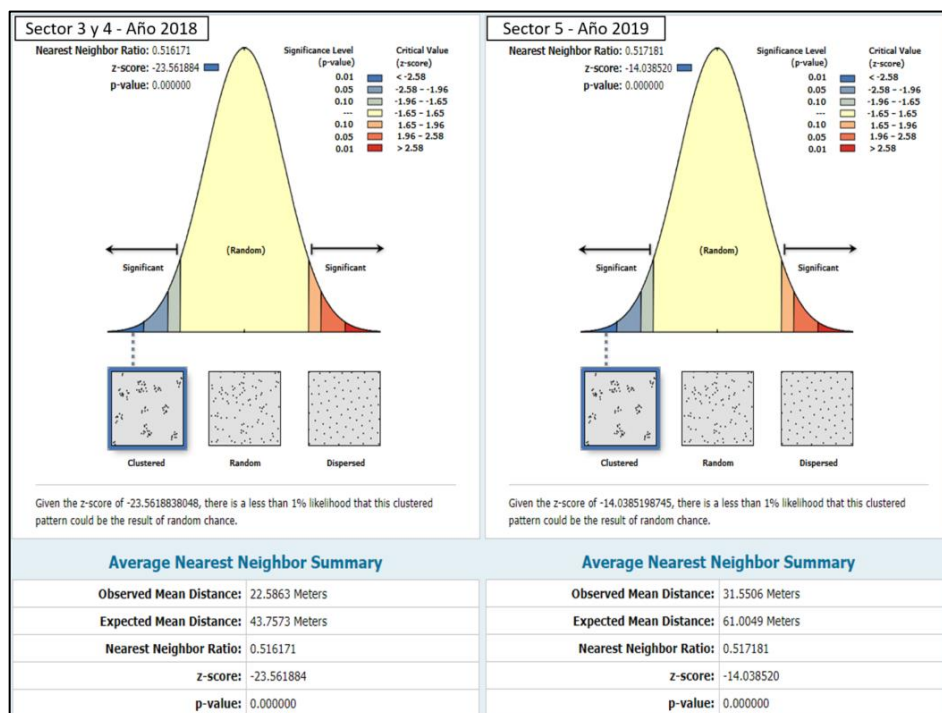


Figura N° 5.18 NND planar para Choques - Sectores 3-4 y 5.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 5.3 muestra el resumen de los resultados de distribución obtenidos para los accidentes tipo choque, para cada sector por cada año analizado.

Tabla N° 5.3 Patrón de distribución de los AT's tipo "Choque".

Sector	Año	Distribución	Sector	Año	Distribución
Sector 1	2016	Agrupada	Sector 3 y 4	2016	Agrupada
	2017	Agrupada		2017	Agrupada
	2018	Agrupada		2018	Agrupada
	2019	Agrupada		2019	Agrupada
Sector 2	2016	Agrupada	Sector 5	2016	Agrupada
	2017	Agrupada		2017	Agrupada
	2018	Dispersa		2018	Agrupada
	2019	Agrupada		2019	Agrupada

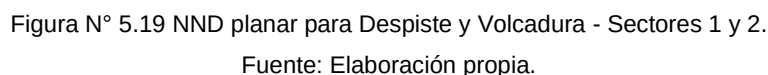
Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.4. Despiste y volcadura

Los despistes y volcaduras son accidentes que por lo general suelen suceder por malas maniobras a la hora de conducir. Por un lado, los accidentes tipo despistes suelen producirse por efectos de manejar un vehículo a excesiva velocidad. Las volcaduras son accidentes que ocurren cuando un vehículo rota sobre su propio eje a causa de la pérdida de equilibrio, lo que produce q vuelque hacia un costado o incluso hacia arriba de sí mismo. A continuación, se describen los resultados obtenidos para los despistes y volcaduras analizados para cada sector.

Para el Sector 1, se obtiene para los cuatro años de estudio un patrón de aleatoriedad para los despistes y volcaduras registrados. Esto ocurre, debido a que el NND promedio es 1.01, es decir las distancias observadas han resultado muy similares a las distancias observadas y los valores de la puntuación z se encuentran en el rango de -1.65 a 1.65, por lo cual existe una probabilidad del 90% de que el patrón de agrupamiento puede darse como resultado de una verisimilitud aleatoria.

Para el registro de despistes y volcaduras del sector 2, los resultados son muy similares al caso del sector 1. El rango en el que se encuentran los valores del NND varían entre 0.84 y 1.18, y los valores de la puntuación z se encuentran entre -1.62 y 1.47, lo cual indica que existe un 90% de probabilidad que la distribución sea producto de una verosimilitud aleatoria. La Figura N° 5.19 muestra los resultados descritos para los sectores 1 y 2.



Por último, el método del vecino más cercano planar para el Sector 5 ha dado como resultado un promedio para la distancia observada de 117.73 m en comparación a la distancia esperada cuyo promedio ha sido 148.88 m, por lo que NND se encuentra en el rango de 0.70 a 0.83 y los valores de la puntuación z son menores a -2.58 en tres de los cuatro años de estudio, obteniéndose un patrón de agrupamiento para estos casos (en el año 2018, la puntuación z obtenida fue -1.28, cuyo patrón de distribución se traduce como aleatoria). Los resultados descritos se visualizan en la Figura N° 5.20.

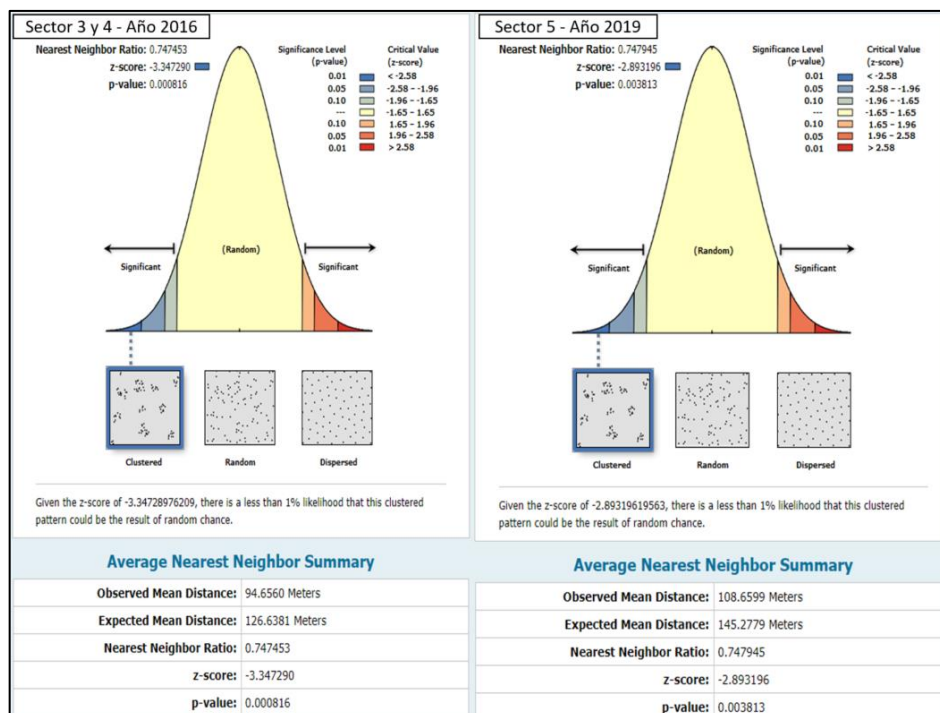


Figura N° 5.20 NND planar para Despiste y Volcadura - Sectores 3-4 y 5.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla N° 5.4 muestra el resumen de los resultados de distribución obtenidos para los accidentes tipo despiste y volcadura, para cada sector por cada año analizado.

Tabla N° 5.4 Patrón de distribución de los AT's tipo "Despiste y Volcadura".

Sector	Año	Distribución	Sector	Año	Distribución
Sector 1	2016	Aleatoria	Sector 3 y 4	2016	Agrupada
	2017	Aleatoria		2017	Agrupada
	2018	Aleatoria		2018	Agrupada
	2019	Aleatoria		2019	Aleatoria
Sector 2	2016	Aleatoria	Sector 5	2016	Agrupada
	2017	Aleatoria		2017	Agrupada
	2018	Aleatoria		2018	Aleatoria
	2019	Aleatoria		2019	Agrupada

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha descrito, el índice del vecino más cercano no sirve para obtener propiamente puntos negros de accidentalidad vial en un área de estudio, sin embargo, puede ayudar a filtrar escenarios, ya sea por año o por tipo de accidente, donde los patrones de distribución resulten principalmente del tipo agrupación.

5.1.4. Distancia del vecino más cercano de red

A diferencia del método de la distancia del vecino promedio más cercano planar, el método de red se analiza para el conjunto de todos los accidentes registrados en el periodo 2016 – 2019, obviándose también el análisis para cada tipo de accidente como se realizó en la sección anterior. Esto ha dado como resultado los valores presentados en la Tabla N° 4.12.

La herramienta del programa SANET calcula las distancias observadas de los vecinos más cercanos a partir del conjunto de puntos que representan los accidentes de tránsito distribuidos sobre la red de vías, para compararlas respecto a las distancias del vecino más cercano de una misma cantidad de puntos si estos se distribuyeran de forma aleatoria sobre la misma red, procedimiento que se realizará un determinado número de veces, como parte de una simulación de Monte Carlo, para las cuales genera 3 diferentes valores: la distancia esperada promedio, y las mismas con un margen de $\pm 5\%$ de confiabilidad. A partir de estos valores es posible construir un gráfico de curvas que representa el comportamiento de la distribución de accidentes registrados en relación con la distancia promedio donde se localiza el accidente de tránsito más cercano.

Para el caso del sector 1, se obtuvo que, la distancia del vecino más cercano promedio es aproximadamente 200 m, un valor muy cercano que el obtenido para el sector 5, el cual ha sido 250 m aproximadamente, como se presenta en las Figura N° 5.21 y Figura N° 5.22, respectivamente.

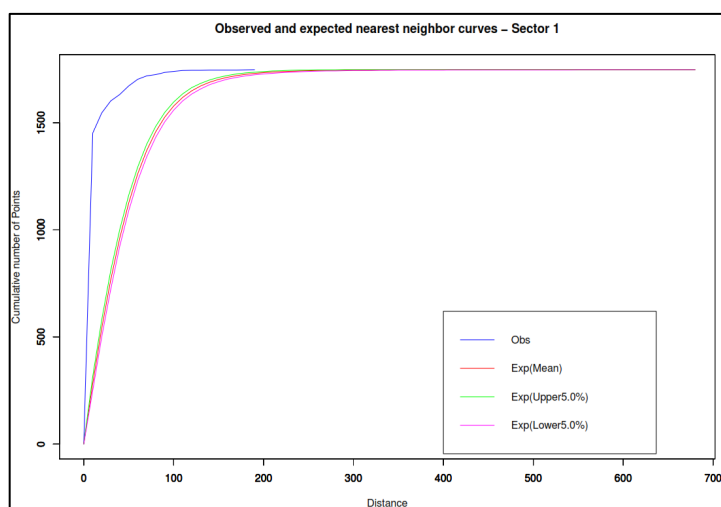


Figura N° 5.21 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 1.

Fuente: Elaboración propia.

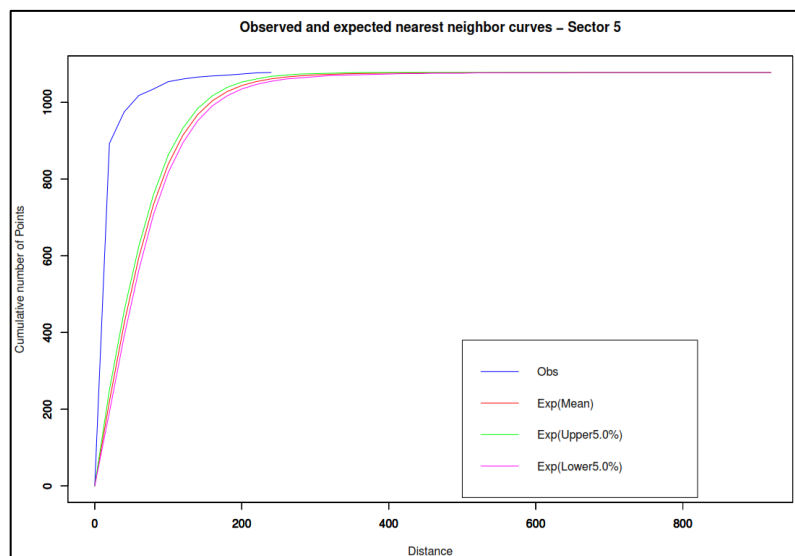


Figura N° 5.22 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 5.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores mencionados se obtienen de forma visual a través de las gráficas presentadas, el cual es aquel valor para la curva de la distancia promedio observada que converge con la envolvente de las curvas desarrolladas para las distancias esperadas. Estos valores guardan relación con el ancho de banda real para la estimación de densidad de Kernel de red, que muestra la interacción y los niveles de peligrosidad de la accidentalidad vial para un área de estudio determinada. Esto puede interpretarse, además, que cuando se obtenga un valor de la distancia del vecino promedio más cercano más pequeño en relación de un área con otra, es probable que está área presente un nivel de accidentalidad más alto (que podría traducirse en una mayor cantidad de puntos negros), con respecto a la segunda.

Observando los resultados obtenidos para el sector 2, la distancia del vecino promedio más cercana se encuentra alrededor de los 400 m, como se aprecia en la Figura N° 5.23. Esto guarda una relación muy cercana con la estimación de densidad de Kernel por el método de Red, descrita a través de la Figura N° 5.9. Es justamente el sector 2 donde se ha registrado la menor cantidad de accidentes de tránsito, probablemente porque al ser una zona residencial de baja densidad se asocia con una baja densidad de flujo vehicular, en comparación a los demás sectores del distrito de San Isidro.

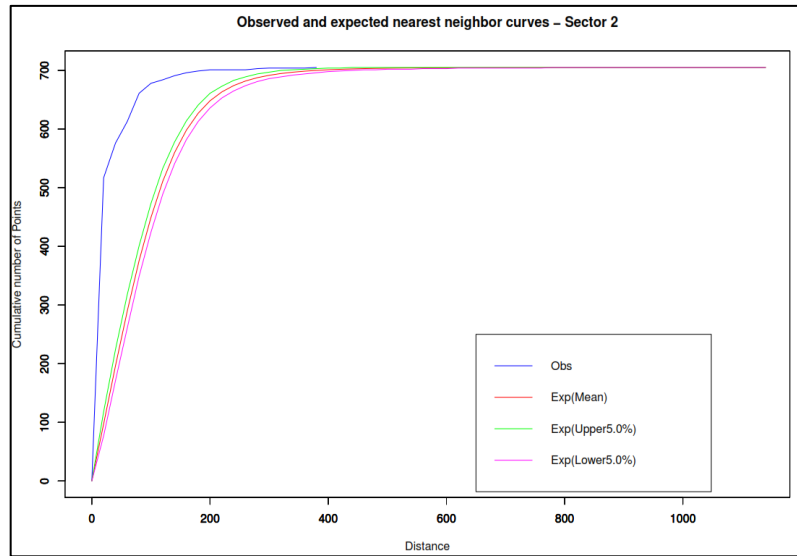


Figura N° 5.23 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 2.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se presenta la Figura N° 5.24, de la cual se puede deducir que el valor de la distancia del vecino promedio más cercano para los sectores 3 y 4 (que se ha decidido analizarlos como un área de estudio integrada), es aproximadamente 160 m. De las cuatro áreas de estudio analizadas, es esta el área de análisis que presenta el menor valor para la distancia del vecino promedio más cercano por el método de red es el área que registra la mayor cantidad de ocurrencias de accidentes de tránsito y sobre la cual se han identificado la mayor cantidad de puntos negros por el indicador de la estimación de densidad de Kernel.

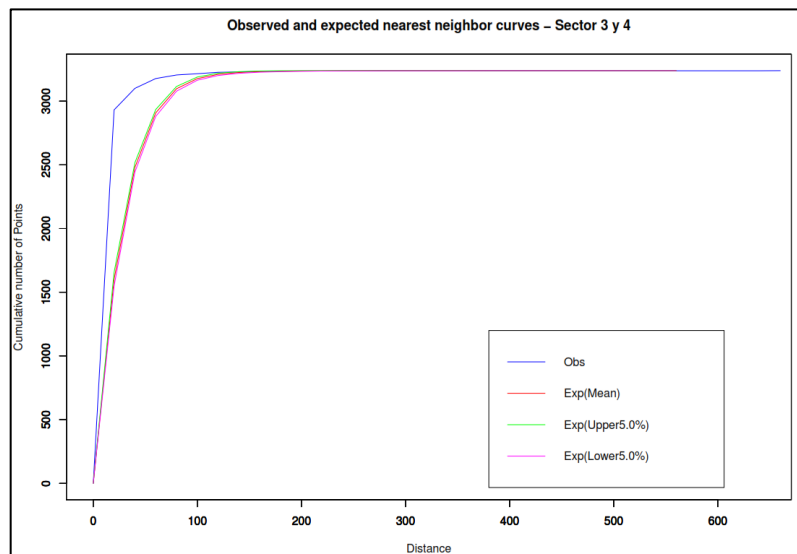


Figura N° 5.24 Distancia del vecino promedio más cercano por el método de red - Sector 3 y 4.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Análisis de Indicadores Locales de Asociación Espacial

El análisis de los patrones espaciales del índice de Moran y el estadístico G^* de Getis – Ord se realiza en base a los resultados obtenidos que se presentan en la sección 4.6.2 y 4.6.3, respectivamente, para las dos variables ya descritas en dichas secciones: por el nivel de gravedad del accidente (si se contabiliza algún lesionado luego de producido el accidente) y la hora de ocurrencia de los accidentes.

5.2.1. Análisis del Índice de Moran

El análisis del patrón se realiza a través de los resultados de índice de Moran y la puntuación z , que indican su significancia estadística. Los valores calculados se miden con relación a un nivel de significancia “ z ” y un valor “ p ” de probabilidad (grado de aleatoriedad del patrón), para el total de los datos de accidentes por cada sector para el periodo 2016-2019.

5.2.1.1. Por el nivel de gravedad

Los resultados obtenidos en la Tabla N° 4.18 sobre los valores del índice de Moran para los cinco sectores del distrito de San Isidro muestran que, bajo la hipótesis nula que sugiere la no existencia de agrupamientos de valores, esta se cumple dado que estos valores se encuentran muy cercanos a 0.

La conclusión entonces es que los accidentes de tránsito en el distrito de San Isidro se producen en cualquier ubicación, sin embargo, sobre los puntos con un nivel de significancia mayor o igual a 0.001 sin importar el tipo al que correspondan (ya sean Alto – Alto, Bajo – Bajo, Alto – Bajo o Bajo – Alto) representarán un punto negro dentro del análisis, donde obviamente los puntos del tipo Alto – Alto serán la de mayor interés dado que indicarán que sobre dichas ubicaciones se presentan los accidentes con un mayor número de lesionados.

Para el sector 1 se obtuvo 197 puntos con un nivel de significancia mayor o igual a 0.001, de un total de 816 accidentes registrados en esta área, lo que representa un 24.14%, distribuidos de la siguiente manera: 14 accidentes del tipo Alto – Alto, 69 accidentes del tipo Bajo – Bajo, 93 accidentes del tipo Bajo – Alto y 21 del tipo Alto – Bajo (ver Tabla N° 4.22). De los puntos caracterizados como Alto – Alto, se detectan la intersección de la Av. Salaverry y Av. Pershing, Av. Prescott y Ca.

Barcelona, Av. Miro Quesada y Ca. Valle Riestra, que significa que estas tres intersecciones suelen rodearse de una alta cantidad de accidentes con lesionados.

Para el sector 2, el índice de Moran obtenido es de 0.002, con 24 de 347 accidentes que muestran un nivel de significancia mayor a 0.001, lo que representa un 6.91%. Solo se detectan 2 accidentes del tipo Alto – Alto, 18 del tipo Bajo – Alto y 4 del tipo Alto - Bajo, principalmente en la Av. Costa Verde.

En el sector 3 el índice de Moran resultante es de -0.005, con un total de 25 de 466 accidentes con un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001, lo que representa un 5.36%. En este sector no se detectan puntos negros del tipo Alto – Alto, pero si 11 accidentes del tipo Bajo – Bajo, 6 del tipo Bajo – Alto y otros 8 del tipo Alto – Bajo (ver Tabla N° 4.23) lo que se interpreta que sobre estas ubicaciones suele ocurrir accidentes con una baja incidencia de lesionados (intersección de la Av. Arequipa y Av. Juan de Arona).

En el sector 4 el índice de Moran es -0.006, con un total de 71 accidentes que obtuvieron un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001 sobre un total de 730 accidentes ocurridos en este sector, lo que representa un 9.73%. Sobre este sector también se detecta un punto del tipo Alto – Alto, en la cuadra 1 de la Av. Javier Prado Este. También se detectaron 53 puntos del tipo Bajo – Alto y 17 del tipo Alto – Bajo.

Y finalmente en el sector 5, el índice de Moran obtenido es de 0.035, con un total de 6.85% de puntos con un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001 (23 de 336 eventos registrados), donde al igual que el sector 4 también se detecta un solo punto del tipo Alto – Alto (en la intersección de la Ca. Los Milanos y Ca. Los Petirrojos), 14 del tipo Bajo – Alto y 8 del tipo Alto - Bajo.

En la Figura N° 5.25 se presentan los puntos negros detectados haciendo uso del indicador espacial de Moran. En el Anexo C – Mapas temáticos se presentan los mapas temáticos por sector.

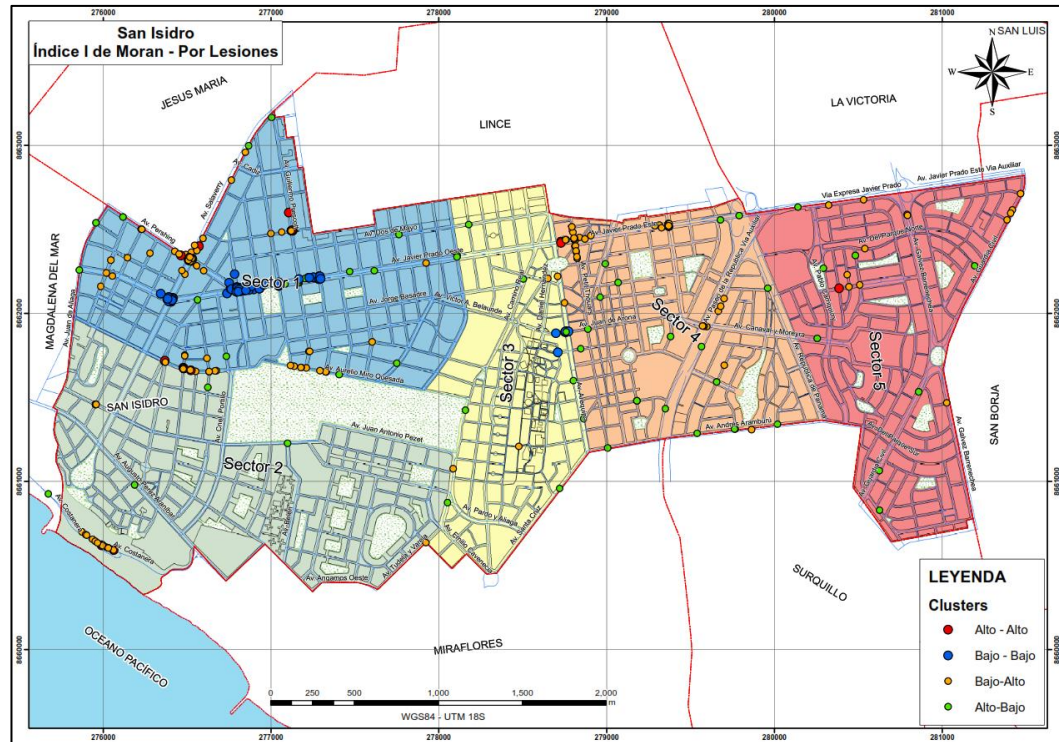


Figura N° 5.25 Puntos negros identificados con el índice de Moran en relación al número de lesionados.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2. Por la hora de ocurrencia

Para realizar este análisis del índice de Moran se tuvo que caracterizar la hora de ocurrencia de los accidentes en 12 rangos de 2 horas. De esta manera, para el rango de 00:01 a 02:00 se atribuyó el valor de 1, para el rango de 02:01 a 04:00 se asignó un valor de 2 y así sucesivamente hasta el rango 22:01 a 24:00 al cual se asignó un valor de 12.

De manera similar que, en el caso analizado para los accidentes con algún registro de lesionados, los índices de Moran obtenidos para los cinco sectores de San Isidro con relación a la hora de ocurrencia son valores muy cercanos a 0, con lo que se acepta la hipótesis nula de aleatoriedad de los eventos.

Sin embargo, los puntos con una significancia mayor o igual a 0.001 simbolizan puntos negros, donde los puntos caracterizados como Alto – Alto representan accidentes que ocurren por la tarde/noche (desde las 14:01 hasta las 24:00) y los del tipo Bajo – Bajo significarán que son puntos negros que ocurren por la mañana/tarde (desde las 00:01 hasta las 14:00). Los puntos clasificados como del

tipo Bajo – Alto o Alto – Bajo representan falsos positivos, dado que son puntos atípicos donde bien se detecta un accidente de tránsito ocurrido en cierto rango horario donde a la vez cercanos a esa ubicación, se detectan otros accidentes que han ocurrieron en un rango horario muy distante del primero.

Para el sector 1, el índice de Moran obtenido según la hora de ocurrencia es 0.025, y se obtuvo un nivel de significancia mayor o igual a 0.001 para 317 de los 1748 accidentes registrados en esta área, lo que representa un 18.13% de los eventos registrados en el sector, registrándose 116 accidentes del tipo Alto – Alto y 15 accidentes del tipo Bajo – Bajo.

De los puntos caracterizados como Alto – Alto, 27 accidentes de tránsito se suscitan entre las 14:01 y 16:00, otras 23 ocurren entre las 16:01 y 18:00, 42 ocurren entre las 18:01 y 20:00. Entre las ubicaciones de estos puntos negros se localizaron las siguientes: Av. Dos de Mayo – Ca. Los Laureles, Av. Jorge Basadre – Ca. Los Cedros, Av. Miro Quesada – Ca. Las Flores, y a lo largo de la Av. Javier Prado Oeste (con Ca. Los Castaños, Av. Salaverry, Ca. Las Flores y Av. Pershing).

Para el caso de los puntos del tipo Bajo – Bajo, 17 ocurrieron entre las 00:01 y 06:00, 6 ocurren entre las 06:01 y 08:00, 18 eventos ocurren entre las 08:01 y 10:00, 16 ocurrieron entre las 10:01 y 14:00. Entre las ubicaciones de estos puntos negros se localizaron las siguientes intersecciones: Av. Dos de Mayo – Ca. Las Flores, Av. Dos de Mayo – Ca. Prescott y Av. Cádiz – Av. Prescott.

Para el sector 2, el índice de Moran obtenido es de 0.001, con 68 de 637 accidentes que muestran un nivel de significancia mayor a 0.001, lo que representa un 10.68%. Se identifican 23 ocurrencias del tipo Alto – Alto, de los cuales 8 sucedieron entre las 16:01 y 18:00 y 5 entre las 18:01 y 20:00. La ubicación de los principales puntos negros detectados por la mañana se encuentra: Av. Cnel. Portillo Cdra. 1, Av. Miro Quesada Cdra. 9 y Ca. Dionisio Anchorena – Ca. Los Manzanos. Por otra parte, los puntos negros identificados por la mañana (caracterizados del tipo Bajo – Bajo) 5 ocurrieron entre las 08:01 y 10:00 y otros 5 se produjeron entre las 12:01 y 14:00, principalmente en la cuadra 18 de la Av. Del Ejército.

En el sector 3 el índice de Moran resultante es de 0.016, con un total de 238 de 466 accidentes con un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001, lo que

representa un 20.97%. En el sector 3, se detectaron 89 puntos negros por la mañana: 12 en el rango de las 06:01 y 08:00, 21 en el rango de las 08:01 y 10:00, 18 entre las 10:01 y 12:00, y otros 22 en el horario de las 12:01 y las 14:00. Los puntos negros identificados tanto por la mañana como por la tarde/noche se ubicaron principalmente a lo largo de la Av. Arequipa con algunas de sus intersecciones (Av. Juan de Arona, Ca. Choquehuanca, Ca. La Habana, entre otras), Av. Camino Real - Ca. Choquehuanca, Av. Los Conquistadores Cdra. 10, Av. Pardo y Aliaga – Av. Los Conquistadores.

En el sector 4 el índice de Moran es 0.0001, con un total de 180 accidentes que obtuvieron un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001 sobre un total de 2104 accidentes ocurridos en este sector, lo que representa un 8.56%. En el sector 4, se detectaron 29 puntos negros por la mañana: 9 en el horario de las 08:01 y 10:00, 7 en el rango de las 10:01 y 12:00 y otros 8 accidentes ocurrieron entre las 12:01 y 14:00. Por otra parte, los puntos negros identificados en el horario de la tarde/noche son los siguientes: 17 accidentes ocurrieron entre las 14:01 y 16:00, 22 ocurrieron entre las 16:01 y 18:00, 21 en el rango de las 18:01 y 20:00 y los últimos 22 en el rango de las 20:01 y 24:00.

Los puntos negros identificados tanto por la mañana son los siguientes: Av. República de Panamá Cdra. 30, Av. Javier Prado Este Cdra. 2 y Salidas 4 y 5 de la Vía Expresa. Por la tarde/noche se localizaron principalmente en las siguientes ubicaciones: Av. Javier Prado Este – Av. Las Begonias, a lo largo de la Av. Petit Thouars (Ca. Antequera, Ca. Chacarilla, Ca. Audiencia, Ca. Río de la Plata), Ca. Antequera – Ca. Federico Villarreal, Ca. Federico Villarreal – Ca. Chinchón.

Y finalmente en el sector 5, el índice de Moran obtenido es de 0.016, con un total de 21.24% de puntos con un nivel de significancia p mayor o igual a 0.001 (229 de 1078 eventos registrados). Se detectaron 105 puntos negros por la mañana y 26 puntos negros en el horario de la tarde/noche.

De los puntos negros detectados por la mañana, 14 accidentes ocurrieron entre las 06:01 y 08:00, 29 accidentes se suscitaron entre las 08:01 y 10:00, 18 ocurrieron en el rango horario entre las 10:01 y 12:00 y otros 18 en el último rango de las 12:01 y 14:00. Entre los principales puntos estos se localizan en: Av. del

Parque Norte – Ca. Ricardo Ángulo, Av. Gálvez Barrenechea – Av. del Parque Norte y Av. Javier Prado Este – Av. Paseo de la República.

Y de los puntos negros identificados por la noche, 10 ocurrieron entre las 16:01 y 18:00, 6 accidentes se suscitaron entre las 18:01 y 20:00 y otros 5 en el rango horario de las 20:01 y 22:00. Los puntos negros detectados se localizan en: Av. Gálvez Barrenechea Cdra. 32, Av. Javier Prado Este Cdra. 11 y Av. Pablo Carriquiry Cdra. 2.

En la Figura N° 5.26 se presentan los puntos negros detectados haciendo uso del indicador espacial de Moran. En el Anexo C – Mapas temáticos se presentan los mapas temáticos por sector.

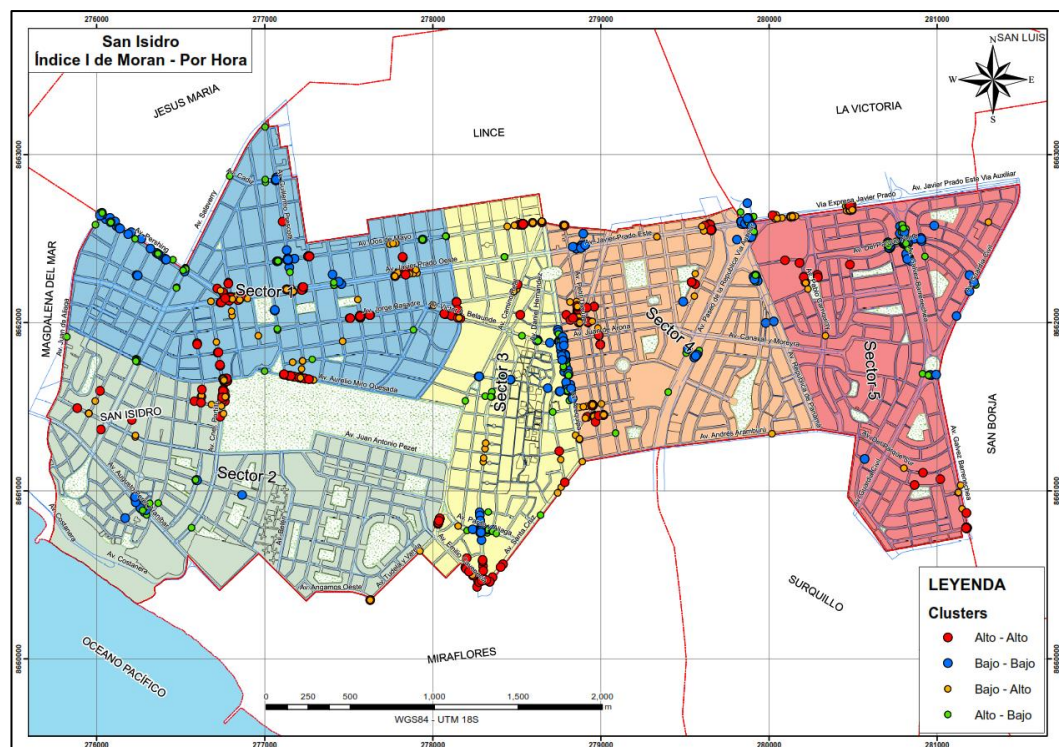


Figura N° 5.26 Puntos negros identificados con el índice de Moran en relación a la hora de ocurrencia del accidente.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Análisis del Estadístico G* de Getis-Ord

5.2.2.1. Por el nivel de gravedad

A diferencia del índice de Moran, el estadístico de Getis – Ord solo se detectan dos tipos de puntos negros del tipo Alto – Alto y Bajo – Bajo, a diferencia del

primero donde además se pueden identificar puntos del tipo Alto – Bajo y Bajo – Alto (cuatro tipos en total).

En este sentido, en el sector 1 se identifican 74 puntos del tipo Alto – Alto y 209 puntos del tipo Bajo – Bajo, es decir un 34.68% de ocurrencias significativas en relación al total de accidentes que registraron lesionados en el sector. Entre las principales ubicaciones donde se detectó puntos negros con un alto número de lesionados se encuentran: Av. Alberto del Campo y Ca. Juan Dellepiani, Av. Miro Quesada y Ca. Valle Riestra, Av. Prescott y Ca. Barcelona, Av. Salaverry y Av. Pershing. Para el caso de los puntos negros donde se detecta una baja ocurrencia de accidentes con lesiones se tiene principalmente la Av. Javier Prado Oeste con varias de sus intersecciones (Av. Pershing, Av. Salaverry, Ca. Las Flores, Ca. Las Moreras, Ca. Los Castaños, Ca. Los Eucaliptos, Ca. Los Laureles, etc.).

Para el sector 2 que es aquel donde se registraron la menor cantidad de accidentes con lesiones al igual que el sector 5, se detectan 17 puntos negros del tipo Alto – Alto y 29 del tipo Bajo – Bajo, habiendo 301 ocurrencias con un nivel de significancia menor a la deseada, es decir un 13.25% de ocurrencias significativas. De las ocurrencias caracterizadas del tipo Alto – Alto, se registraron principalmente a lo largo de la Av. Costa Negra, y en la intersección de la Av. Pezet y Ca. Ugarte y Moscoso. Respecto a las ocurrencias caracterizadas como Bajo – Bajo, estas se distribuyen en diferentes ubicaciones en toda el área del sector 2.

En el sector 3, se registró un total de 69 accidentes con un nivel de significancia mayor o igual a 0.001, lo que representa un 14.81% del total de accidentes que registraron algún lesionado en el sector. Particularmente, es en este sector donde se registra la menor cantidad de puntos negros del tipo Alto – Alto (4), las cuales se ubican en Av. Camino Real Cdra. 12, Av. Daniel Hernández y Ca. Manuel Bañón, Av. Dos de Mayo y Ca. Los Sauces, Av. Arequipa y Ca. Chinchón. De las ocurrencias caracterizadas del tipo Bajo – Bajo, varias de estas se localizan a lo largo de la Av. Arequipa y sus intersecciones (Av. Juan de Arona, Ca. Crnel. Odriozola, Ca. Choquehuanca, Ca. García y García, etc.), Av. Pardo y Aliaga – Av. Los Conquistadores, Av. Jorge Basadre – Ca. Los Pinos, entre otros.

Para el sector 4 se detectaron 44 puntos del tipo Alto – Alto y 146 del tipo Bajo – Bajo, con un nivel de significancia de 26.03% de accidentes registrados en este

sector. Los principales puntos donde se identificaron puntos negros del tipo Alto – Alto son los siguientes: Av. Javier Prado Este y sus intersecciones con Av. Petit Thouars y Av. Rivera Navarrete, Av. Petit Thouars Cdra. 30, y las Salidas 5 y 6 de la Vía Expresa, entre otros. Respecto a los puntos del tipo Bajo – Bajo las principales ubicaciones identificadas son: Av. Andrés Reyes – Av. Rivera Navarrete, Av. Canaval y Moreyra Cdra. 2 y 3, Av. Javier Prado Este Cdra. 4, Av. Juan de Arona – Ca. Las Camelias, Av. Paseo de la República – Av. Aramburú, Av. República de Panamá – Ca. Los Flamencos, Av. Rivera Navarrete Cdra. 5, Ca. Las Camelias – Ca. Chinchón, entre otros puntos.

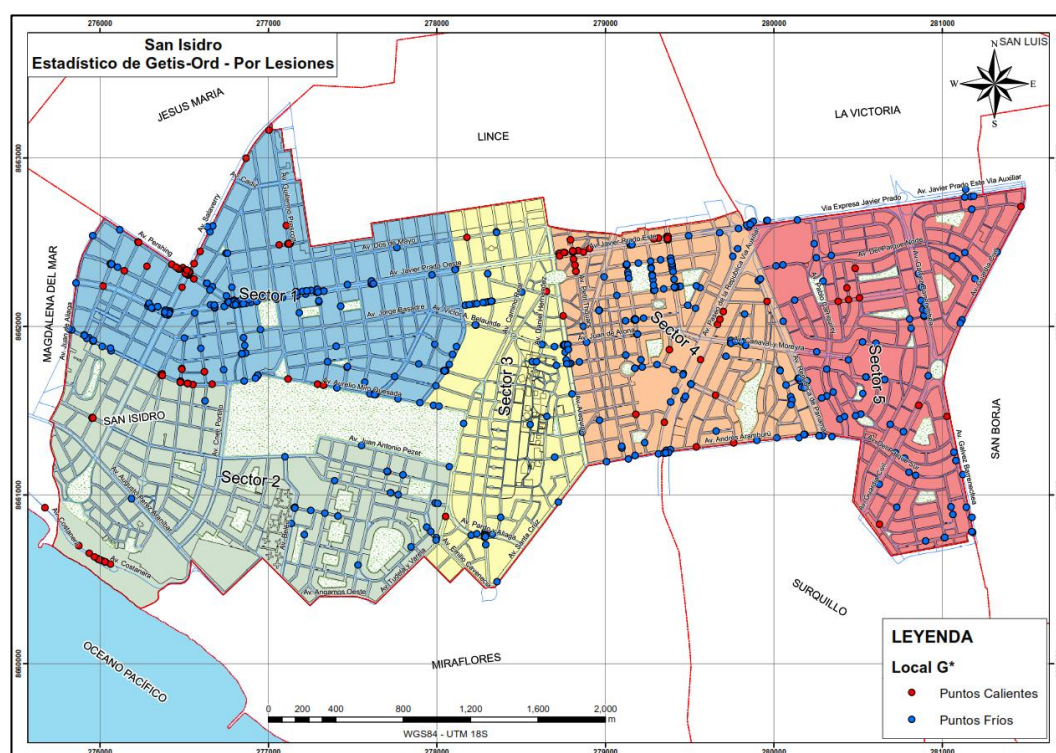


Figura N° 5.27 Puntos negros identificados con el estadístico G* de Getis – Ord en relación al número de lesionados.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el sector 5, también se detecta una cantidad muy baja de puntos significativos con un 23.22% (85 de 336 accidentes de tránsito registrados). Solo se detectaron 9 puntos del tipo Alto – Alto los cuales se ubican a lo largo de la Av. Guardia Civil, Ca. Ricardo Ángulo y Ca. Petirrojos. Por otro lado, también se identificaron 76 puntos del tipo Bajo – Bajo en este sector, los cuales se ubican en: Av. Gálvez Barrenechea Cdra. 4, Av. Guardia Civil – Av. del Parque Sur, Av. Javier Prado Este Cdra. 9 y 15, y a lo largo de la Av. Pablo Carriquiry, entre otros puntos.

5.2.2.2. Por la hora de ocurrencia

A diferencia del índice de Moran, el estadístico de Getis – Ord obtiene puntos del tipo Alto – Alto y Bajo – Bajo para casi todos los rangos horarios establecidos. En la Tabla N° 5.5 se presenta la cantidad de puntos detectados por sector y por tipo, una vez realizado el cálculo del estadístico de Getis – Ord.

Tabla N° 5.5 Número de puntos negros - nivel de significancia.

Horario	Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 4		Sector 5	
	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B	A-A	B-B
00:01 – 02:00	2	8	-	-	1	9	1	2	1	10
02:01 – 04:00	4	6	-	1	2	5	2	-	-	5
04:01 – 06:00	4	3	-	-	2	2	-	-	3	11
06:01 – 08:00	8	6	1	2	3	12	7	3	2	14
08:01 – 10:00	17	22	3	5	7	22	16	9	10	29
10:01 – 12:00	24	10	6	2	5	18	15	7	4	18
12:01 – 14:00	24	10	9	5	11	22	14	8	6	18
14:01 – 16:00	26	9	3	3	9	20	17	2	4	18
16:01 – 18:00	20	17	8	4	13	15	21	2	10	15
18:01 – 20:00	40	15	5	3	10	14	20	7	6	19
20:01 – 22:00	12	12	4	1	9	10	12	2	5	14
22:01 – 24:00	10	10	4	1	3	12	10	-	1	6

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. A – A: Alto - Alto
2. B – B: Bajo - Bajo

Por ejemplo, para el caso del sector 1 se puede observar que se identifican un total de 191 puntos del tipo Alto-Alto, donde, a partir del rango de las 08:01 – 10:00 se detectan en promedio 22 puntos, hasta el último rango definido que corresponde al de las 22:01 a 24:00, con un pico de 40 puntos en el intervalo horario de las 18:01 a 20:00. Para los puntos del tipo Bajo – Bajo se detectaron un total de 128 puntos, de los cuales en el rango horario de 08:01 – 10:00 se detectó la mayor cantidad de puntos con 22 ocurrencias.

Para el sector 2, se detectaron 70 accidentes significativos, lo que representa un 10.98% de ocurrencias registradas en el sector. Sobre los puntos del tipo Alto – Alto se detectaron 43 ocurrencias, siendo los intervalos horarios de 12:01 a 14:00

y 16:01 a 18:00 donde se registraron la mayor cantidad de eventos con 9 y 8, respectivamente. Respecto a los puntos del tipo Bajo – Bajo, se detectaron 27 ocurrencias donde son los intervalos horarios de 08:01 a 10:00 y 12:01 a 14:00 son los que registran la mayor cantidad de eventos con 5 cada uno.

En el sector 3, a diferencia del sector 2, se registró una mayor cantidad de accidentes de tránsito del tipo Bajo – Bajo con respecto a los del tipo Alto – Alto, con 75 y 161 registros respectivamente. Sobre los puntos del tipo Alto – Alto, entre las 12:01 y 22:00 (5 rangos horarios) se detectan en promedio 10.4 eventos, y para los puntos del tipo Bajo – Bajo, se registra en promedio 20.5 accidentes entre las 08:01 y 16:00 (4 rangos horarios).

En el sector 4 se detectaron un total de 8.41% eventos significativos (177 de 2104 accidentes registrados), de los cuales 135 corresponde al tipo Alto – Alto y 42 al tipo Bajo – Bajo. Sobre los puntos del primer tipo, entre el intervalo horario de 14:01 a 20:00 (3 rangos) se suscitan en promedio 19.3 accidentes, y en el intervalo horario de 08:01 a 14:00 (3 rangos) se suscitan en promedio 15.5 accidentes, valor inusual tratándose de que este último rango corresponde a las primeras horas del día. Sobre los puntos del tipo Bajo – Bajo hay mayor dispersión en los 12 intervalos definidos, en la que se registran 8 accidentes en promedio en el rango de las 08:01 a 14:00.

Finalmente, para el sector 5 al igual que el sector 3, se detectan una mayor cantidad de puntos del tipo Bajo – Bajo que, del tipo Alto – Alto, con 50 y 177 puntos identificados, respectivamente, con un porcentaje de significancia del 21.06% con respecto al total de accidentes registrados en el sector. Sobre los puntos del tipo Alto – Alto se detectaron que la mayor cantidad de ocurrencias se suscitan entre las 08:01 a 10:00 y 16:01 a 18:00, con 10 accidentes cada uno. Sin embargo, para el caso de los puntos del tipo Bajo – Bajo, los resultados muestran que en promedio se contabilizan 18.1 accidentes en el intervalo de 08:01 a 22:00 (8 rangos horarios definidos), donde el pico de registros ocurre entre las 08:01 y 10:00 con 29 accidentes, lo que es inusual dado que se ha detectado una alta cantidad de puntos para intervalos horarios definidos como del tipo Alto – Alto.

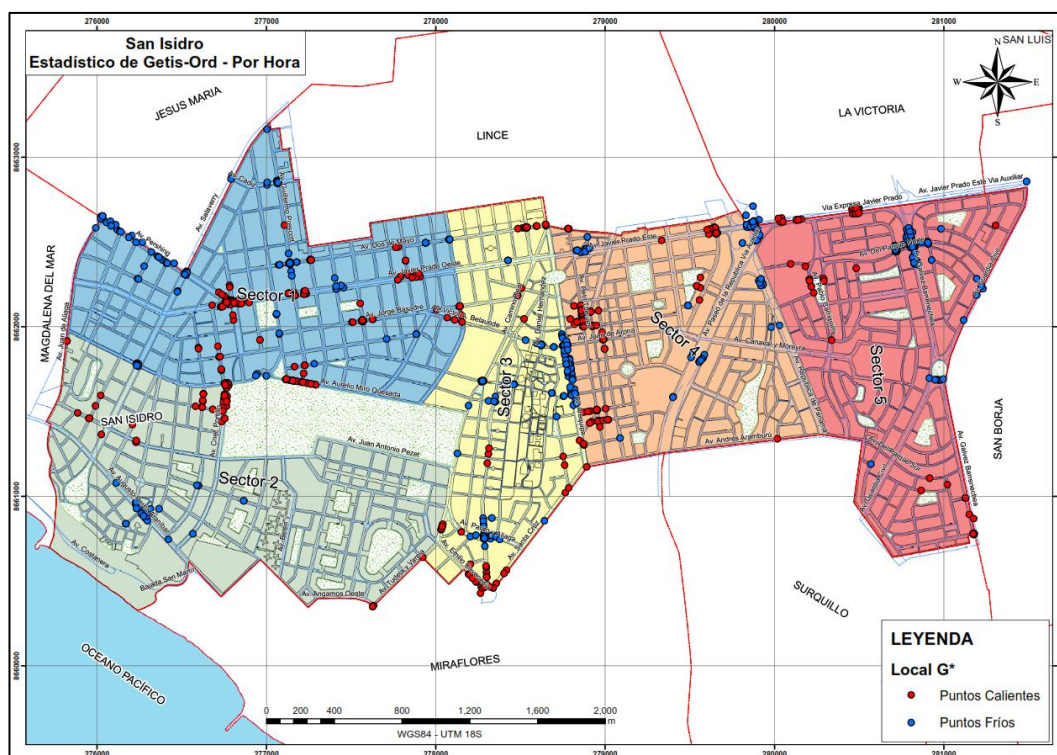


Figura N° 5.28 Puntos negros identificados con el estadístico G* de Getis – Ord en relación a la hora de ocurrencia del accidente.

Fuente: Elaboración propia.

Los mapas temáticos elaborados para los mismos se presentan en el Anexo C – Mapas temáticos.

Conclusiones

El desarrollo de la presente tesis concluye que la generación de una base de datos geoespacial estandarizada, a partir del registro de accidentes de tránsito suscitados en el periodo 2016-2019 en el distrito de San Isidro, ha optimizado significativamente el manejo y análisis de la información a través de una plataforma SIG. Este enfoque ha permitido reducir los tiempos de procesamiento de datos, diversificar los escenarios de estudio y facilitar la identificación de patrones espaciales lo que contribuye a una caracterización más precisa de los puntos negros.

Los patrones espaciales generados a través de la densidad de Kernel, ya sea por el método de la función planar como de la función de red proporcionan diferentes resultados. Con el primero es más sencillo identificar áreas de una zona urbana en donde la densidad de accidentes es mayor con respecto a otras áreas. Con el segundo es posible identificar directamente sobre la red de vías las intersecciones que representan potenciales puntos negros o tramos de concentración vial sobre dentro del área de estudio, lo que a priori la posiciona como una herramienta más eficiente en la tarea de identificar estos puntos.

Más allá de la función que sea seleccionada para estimar la densidad de Kernel por el método planar, la variable que presenta mayor grado de sensibilidad es el ancho de banda. Para el caso del distrito de San Isidro, con el registro de accidentes de cuatro años, se concluye que los valores de 100 m y 150 m asumidos para el ancho de banda se obtienen resultados que se ajustan de mejor forma a la realidad, respecto a los otros dos valores. Esto debido a que el valor de 50 m muestra una nula o muy baja interacción entre los accidentes de tránsito distribuidos espacialmente y, por el contrario, con el valor de 200 m es probable que se detecten pseudo agrupamientos de los accidentes de tránsito, donde es probable que se agrupen accidentes que no guarden relación entre sí (por la ubicación en las que ocurrieron uno respecto a otro), sobretodo en zonas donde el ancho de banda considerado sea mayor al ancho de las manzanas promedio en la zona de análisis, como se visualiza en el Anexo C - Mapas Temáticos (serie 05-IA a 05-VE).

Para la estimación de Kernel por el método de la función de red, se concluye que estos brindan resultados más satisfactorios que con el método de la función

planar, considerando valores para el ancho de banda también entre 50 a 200 m. Para este escenario de análisis se decidió asociar el valor del ancho de banda en función a la zonificación urbana del sector, que guarda relación directamente proporcional a las condiciones de tráfico en el área de estudio, visto el uso de suelo del distrito, como se muestra en el Anexo C - Mapas Temáticos (serie 06-IA a 06-VE).

Para el caso del índice del vecino más cercano por el método planar, en el cual se realizó el análisis por cada año, para el conjunto de todos los accidentes se determinó que existe un patrón de distribución de agrupamiento. Solo para el caso del sector 2, para los accidentes del tipo “Atropello” para los años 2016, 2018 y 2019 se obtuvo que este patrón de dispersión, y para el sector 5 para los cuatro años, que el patrón de agrupamiento es del tipo de aleatoriedad. Para el caso de los accidentes del tipo “Despiste y Volcadura” el patrón de agrupamiento obtenido para los sectores 1 y 2 también ha sido el de aleatoriedad.

Por otro lado, el cálculo del vecino más cercano en función al método de red da como resultado las distancias medias observadas para cada sector, la cual puede ser empleada como un primer valor en el ancho de banda para la estimación de densidad de Kernel por el mismo método. En la Tabla N° 4.27 se presenta las distancias medias observadas para los cuatro sectores analizados, en donde el sector 3 y 4 obtuvo una distancia media de 150 m, a diferencia del sector 2 donde se obtuvo 400 m, lo que significa que existe un mayor nivel de agrupación de accidentes en los sectores 3 y 4, y un mayor nivel de dispersión en los accidentes que ocurren en el sector 2.

Para los indicadores locales de asociación espacial se emplearon los dos más conocidos: el índice de Moran y el estadístico G^* de Getis – Ord, para lo cual se propuso analizar tres escenarios: accidentes que registraron algún daño material, accidentes con lesionados (ambos para el análisis espacial) y según su hora de ocurrencia del accidente (para el análisis temporal). Los valores de los índices en sí dan valores muy cercanos a 0, lo que debe interpretarse como la baja significancia de los accidentes analizados y no como la nula existencia de puntos negros para cada escenario.

Se establece el valor más bajo del nivel de significancia “p” igual a 0.001 sobre el índice I de Moran para determinar un potencial punto negro, valores inferiores a

este límite se consideran puntos no significativos. De acuerdo a esto, para el escenario de accidentes con daños materiales, son el sector 2, seguido de los sectores 1 y 4 son los que cuentan con la mayor cantidad de puntos significativos con 27.38%, 20.59% y 20.20%, respectivamente (ver Tabla N° 4.20). Los puntos negros para este indicador espacial son los que se caracterizan del tipo Alto-Alto, con un total de 244 distribuidos en todos los sectores del distrito de San Isidro (ver Tabla N° 4.22).

Por otro lado, para el escenario de accidentes con lesionados, es el sector 1 donde se determina la mayor cantidad de puntos significativos con un 24.14%, mientras que los sectores 2 y 5 son aquellos donde se identifican la menor cantidad de estos puntos con un 6.92% y 6.85%, respectivamente (ver Tabla N° 4.21). Aquí se identifican un total de 18 puntos negros, donde en los sectores 2, 4 y 5 se identificaron 4 puntos entre los tres sectores, y en el sector 1 se detectaron 14 puntos negros (ver Tabla N° 4.23), los cuales se visualizan en el Anexo C – Mapas temáticos (serie 07-IA a 07-VB).

Para la identificación de los puntos significativos obtenidos con el índice de Moran en relación a la hora de ocurrencia (temporalidad) son los sectores 5, 3 y 1 donde se obtienen la mayor cantidad de estos puntos (21.24%, 20.97% y 18.14%, respectivamente), mientras que los sectores 2 y 4 es donde se detecta una menor cantidad de estos (9.65% y 8.56%, respectivamente).

En el escenario del análisis para la hora de ocurrencia los puntos negros son aquellos caracterizados como Bajo-Bajo y Alto-Alto, dado que las primeras agrupan los accidentes que ocurren en la primera mitad del día (00:01 a 12:00) y los segundos desde el mediodía hasta la medianoche (12:01 a 24:00). En total se identificaron un total de 588 puntos negros, 295 y 293 antes y después del mediodía, respectivamente, distribuidos en todo San Isidro (ver Tabla N° 4.25), los cuales se visualizan en el Anexo C – Mapas temáticos (serie 08-I a 08-V).

Los resultados obtenidos según el estadístico G* de Getis – Ord para el caso de todos los accidentes con daños se tiene un promedio de puntos significantes de 21.61% para los cinco sectores. Para el escenario de accidentes con lesionados muestran que es en el sector 1 donde se detectan la mayor cantidad de puntos significativos, con un 34.68%, seguidos de los sectores 4 y 5, con 26.03% y 25.30% (ver Tabla N° 4.29 y Tabla N° 4.30).

Con este estadístico los puntos solo se caracterizan como Alto-Alto y Bajo-Bajo, siendo los primeros los puntos negros, identificando en total 484 y 148 para cada escenario (ver Tabla N° 4.31 y Tabla N° 4.32, respectivamente), los cuales se visualizan en el Anexo C – Mapas temáticos (serie 09-IA a 09-VB).

Finalmente, para la detección de puntos negros para el escenario de la hora de ocurrencia con el estadístico G^* de Getis – Ord, se obtiene una cantidad de puntos negros casi similares a los obtenidos por el índice de Moran, con una variación de ± 2 puntos por sector (ver Tabla N° 4.34 y Tabla N° 4.35). Los puntos negros detectados en este escenario se muestran en el Anexo C – Mapas temáticos (serie 10-I a 10- V).

Recomendaciones

A partir del desarrollo de esta tesis se sugiere la implementación de todas las herramientas descritas (uso de bases de datos georreferenciadas y análisis con indicadores locales de asociación espacial), ya que demuestran ser más eficaces para la gestión y prevención de accidentes viales, y pueden contribuir a la reducción de riesgos y al diseño de políticas públicas más efectivas en materia de transporte y seguridad vial.

Se recomienda tomar datos de las comisarías vecinas a San Isidro, con relación a las avenidas que forman parte de los límites con los distritos aledaños (Lince, La Victoria, San Borja, Surquillo, Miraflores y Magdalena del Mar), con la finalidad de identificar correctamente los puntos negros o tramos de accidentalidad en estas vías.

La estimación de densidad de Kernel mediante la función de red mejora los resultados obtenidos en comparación al uso del método de la función planar, sin embargo, ambos estimadores son de gran utilidad siempre que se seleccione un valor para el ancho de banda adecuado.

Luego de revisado los puntos negros identificados por cada uno de los dos métodos de los indicadores de asociación espacial, el que brinda resultados más satisfactorias es el del índice de Moran, dado que al caracterizar estos en cuatro tipos (Alto – Alto, Bajo – Bajo, Bajo – Alto y Alto – Bajo), realiza una mejor diferenciación en relación a los puntos identificados a partir del estadístico G^* de Getis – Ord, que solo los caracteriza en dos tipos (Alto – Alto y Bajo – Bajo), en el cual muchas veces no agrupa correctamente valores similares entre uno y otro tipo.

Existen otras técnicas no solo para la identificación de puntos negros, sino también para la predicción del número de accidentes como los modelos de regresión de Poisson o Negativa Binomial, los cuales pueden involucrar nuevos parámetros como el área de estudio, la longitud de la red de vías del área analizada, la densidad o aforo de tráfico, entre otras, para los cuales es preponderante las metodologías para la toma de información. Los RPAS son una tecnología que ha crecido en demasía los últimos años, y su empleabilidad para este tipo de estudios puede ser de gran utilidad.

Este estudio constituye una primera parte de un estudio mucho más amplio y complejo, a partir del cual, se debe analizar las principales causas de los accidentes de tránsito en los puntos negros identificados, para de esta forma, tomar las mejores medidas para una correcta intervención vial.

A pesar de ello, se debe buscar la promoción del transporte multimodal, siendo San Isidro el distrito con mayor movilidad de personas en el Perú, este cuenta con ciclovías que no terminan de conectarse entre sí, es decir, el ciclista en algún punto no cuenta por un lugar seguro donde transitar.

Otro caso es priorizar el tránsito del transporte público sobre las principales avenidas del distrito (Javier Prado Este y Oeste, Paseo de la República, Arequipa, Aramburú, del Ejército, Canaval y Moreyra entre otras más), las cuales actualmente son de uso prioritario para los vehículos privados, que es un escenario que se está generalizando en mayor parte de las vías urbanas de Lima Metropolitana.

En las avenidas Javier Prado Este y Oeste, Salaverry y Arequipa, vías donde se han identificado un alto número de puntos negros, un aspecto importante es contar con una infraestructura vial segura, iniciando por revisar el diseño de las intersecciones viales más críticas, así como una oportunidad para implementar un sistema de transporte inteligente que permita gestionar el tráfico en estos puntos de forma más eficiente, como restringir el acceso a zonas con alta demanda de tráfico en horas punta.

Finalmente, el uso seguro de las vías de tránsito relacionado directamente al comportamiento humano (exceso de velocidad, fatiga del conductor, uso de dispositivo móvil en la conducción, el no uso de cinturones de seguridad entre otros mecanismos) que es la variable más difícil de controlar en este tipo de eventos, debe reforzarse constantemente a través de campañas de educación vial y de leyes que regulen comportamientos inadecuados que atenten contra la seguridad de las personas.

Referencias bibliográficas

- Anderson, T. (2007). Comparison of spatial methods for measuring road accident 'hotspots': a case study of London. *Journal of Maps*, 3(1), 55–63.
<https://doi.org/10.1080/jom.2007.9710827>
- Bermúdez Arias, S. C. (2012). *Metodología para la Evaluación espacio temporal de la accidentalidad vial en Bogotá: caso Avenida Boyacá*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Unal.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59470/SoniaC.Berm%C3%BAdezArias.2016.pdf?sequence=1>
- Bíl, M. & Andrásik, R. & Janoska, Z. (2012). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 55, 265 - 273.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.003>
- Cerquera Escobar, A. F. (2015). Modelo patrón de evaluación de la accidentalidad vial en áreas urbanas de Bogotá D.C. *Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, 202, 16-32.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5263934>
- Cheng, W., & Washington, S. (2008). New Criteria for Evaluating Methods of Identifying Hot Spots. *Transportation Research Record*, 2083(1), 76-85.
<https://doi.org/10.3141/2083-09>
- Erdogan, S. (2009). Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey. *Journal of Safety Research*, 40(5), 341-351.
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.006>
- Farchi, S., & Molino, N., & Giorgi, P., & Borgia, P., & Krzyżanowski, M., Dalbokova, D., & Kim, R. (2006). Defining a common set of indicators to monitor road accidents in the European Union. *BMC Public Health*, 6, 183.
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-183>
- Flahaut, B., & Mouchart, M., & N., San Martin, E., & Borgia, P., & Thomas, I. (2003). The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black

zones: A comparative approach. *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 991 - 1004.

[https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00107-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00107-0)

Fuentes F., César M., & Hernández H., Vladimir. (2009). La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004). *Frontera norte*, 21(42), 109-138.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722009000200005&lng=es&tlng=es

Gómez Barroso, D. & López Cuadrado, T. & Fernández Cuenca, R. (2015). Análisis espacial de los accidentes de tráfico con víctimas mortales en carretera en España del 2008 al 2011. *Gaceta Sanitaria*, 29, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.02.009>

Granados, E. & Norza, E. & Useche, S. & Romero, M. & Moreno, J. (2014). Componentes descriptivos y explicativos de la accidentalidad vial en Colombia: incidencia del factor humano. *Revista Criminalidad*, 56(1), 157 - 187.

http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-31082014000100009

Harvey, S. & Chías, L. & Resendiz, H. (2008). Dinámica de los accidentes de tránsito en la Ciudad de México: un enfoque desde los Sistemas Complejos.

http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/analisis_accidentes_aa/Harvey_Spencer.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015). *Detección, Priorización y Caracterización de Puntos Negros en 5 Ciudades Principales del Perú*. https://www.portal.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/documentos/estudio_puntos_negros.pdf

Okabe, A. & Okunuki, K. & Shiode, S. (2006). The SANET Toolbox: New Methods for Network Spatial Analysis. *T G/S*. 10(4). 535-550.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2006.01011.x>

- Okabe, A. & Sugihara, K. (2012). *Spatial Analysis Along Networks: Statistical and Computational Methods*. Wiley Series of Statistics in Practice
<https://books.google.com.pe/books?id=RdjpFnAoIvMC>
- Okabe, A. (2013). *The manual for SANET v4.1 Beta runs on ArcGIS10 & ArcGIS 10.1*. Center for Spatial Information Science.
http://sanet.csis.u-tokyo.ac.jp/download/manual_ver4.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2023). *Reporte del Estatus Global de la Seguridad en Vías*.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>
- Pljakic, M. & Jovanovic, D. & Matovic, B. & Micic, S. (2019). Identification of Accident Hotspot Locations Using Network Kernel Density. *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, 4(3), 8-13.
<https://jmait.org/wp-content/uploads/2019/09/Vol-4-No-3-pp.-8-13.pdf>
- Prasannakumar, V. & Vijith, H. & Charutha, R. & Geetha, N. (2011). Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 21, 317-325.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.020>
- Rozas, V. & Camarero, J. (2006). Técnicas de análisis especial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 15(1), 66-87.
<https://www.researchgate.net/publication/28126631>
- Young, J. & Park P. (2014). Hotzone identification with GIS-based post-network screening analysis. *Journal of Transport Geography*, 34, 106-120.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.11.007>
- Xie, Z. & Yan, J. (2013). Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics; an integrated approach. *Journal of Transport Geography*, 31, 64-71.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.05.009>
- Yu, H. & Liu, P. & Chen, J. & Wang, H. (2013). Comparative analysis of the spatial analysis methods for hotspot identification. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 80-88.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.017>

Anexos

Anexo A – Solicitud de la información	146
Anexo B – Formato de denuncia	149
Anexo C – Mapas temáticos	154

Anexo A – Solicitud de información



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

Lima, 01 de Junio de 2018

Señores
Distrito de San Isidro
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez presentar al señor **LUMBRE SANTA CRUZ Jorge Luis** egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, con DNI N° 70269360 y Código UNI – 20137009 H, quien desea que su entidad le facilite información de base de datos del registro de accidentes de tránsito del distrito de San Isidro, a fin de recopilar datos para su tesis profesional.

Por la presente se comunica que el mencionado señor, según reporte de la OEFIC-UNI, ficha de datos personales, figura con fecha de ingreso en el año 2013-1 y culmina el Ciclo 2016-2, según consta en los registros internos de nuestra Institución.

Por tal motivo, mucho agradeceré de ser posible brindarle las facilidades que el caso amerite, para el logro de los fines que persigue.

Agradeciendo la atención que le brinde a la presente, hago propicia la ocasión para transferirle los sentimientos de mi distinguida consideración.

Atentamente,



Dr. JAVIER ARRIETA FREYRE
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil

San Isidro, 24 de agosto del 2020

Señores

Comisaría P.N.P. Orrantia del Mar

Presente.-

Yo, Jorge Luis Lumbré Santa Cruz, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, identificado con DNI N°70269360, con domicilio en Av. Fraternidad N°970 – La Victoria – Chiclayo, ante usted me presento y expongo:

Que con motivo de realizar mi proyecto de tesis titulada: **“ANÁLISIS ESPACIAL DE LA ACCIDENTALIDAD VIAL CON USO DE HERRAMIENTAS SIG EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO”**, el cual consistirá básicamente en identificar puntos negros y proponer mejoras para evitar la ocurrencia de accidentes de tránsito dentro del distrito de San Isidro, requiero contar con la **información del registro de accidentes de tránsito** que se hayan suscitado en la localidad en el periodo 2017-2019 como requisito indispensable para poder llevar a cabo el análisis respectivo.

Por el motivo antes expuesto, solicito que disponga a quien corresponda, me pueda facilitar la información requerida, en post de cumplir con el objetivo de obtener mi título profesional y a la vez contribuir con un estudio cuyo objetivo principal es mejorar la seguridad vial en el distrito en mención.

Sin otro particular, y agradeciéndoles de antemano por su gentil ayuda, me despido.



FIRMA

Adjunto:

- Copia de DNI.
- Copia del Plan de Tesis Aprobado.

Anexo B – Formato de denuncia

POLICIA NACIONAL DEL PERU**REGPOL - LIMA**

Fecha Imp : 31/12/2018 16:11 Hrs

COMISARIA PNP**ORRANTIA**O.P Imp. : CMDTE. PNP DANIEL OSWALDO SANCHEZ
SAAVEDRA

Nro de Orden : 6629888 Clave : GQfaHC27

----- ESTO NO ES COPIA CERTIFICADA -----

Tipo	OCURRENCIA	Fecha y Hora Registro	08/01/2016 15:25:28 Hrs.	
Formalidad	ESCRITA	Fecha y Hora Hecho	08/01/2016 12:20:00 Hrs.	
Condición de la Denuncia	[TRAN] OCURRENCIA DE CALLE - COMUN Nro : 2			

TIPIFICACION

- TRANSITO/ACCIDENTES DE TRANSITO/ATROPELLO/ATROPELLO

UBICACIONLIMA / LIMA / SAN ISIDRO / AVENIDA AURELIO MIRO QUESADA 0 SANTA ROSA
CUADRA : 8**IMPLICADO**

- 1) MARIA NANCY ANGELICA LUCCIOLA FREUNDT ALBERTI(65), CON FECHA DE NACIMIENTO 21/05/1953 , ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 08223722, DIRECCION : LIMA / LIMA / SAN ISIDRO : AV.AURELIO MIRO QUESADA 270 DPTO.1101

PEATON

- 1) ALEJANDRO AYALA ALCANTARA(73), CON FECHA DE NACIMIENTO 14/01/1945 , ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 06989363, DIRECCION : LIMA / LIMA / CHORRILLOS : SANTA BARBARA LT.10 MZ.C URB.BUENOS AIRES DE VILLA

VEHICULO(S)

- 1) AUTOMOVIL - MARCA : HONDA - MODELO : NO INDICA - PLACA : BOQ289 - COLOR : - AÑO FAB : - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :

CONTENIDO

- EL INTERVINIENTE, OPERADOR DE LA MOVIL PL-7562, DA CUENTA QUE POR ORDEN DE LA CENTRAL DE LA CIA ORRANTIA, FUERON DESPLAZADOS A LA AV. MIRO QUESADA C-8/ CON AV. FLORES, PARA CONSTATAR UN ACCIDENTE DE TRANSITO, EN EL LUGAR NOS ENTREVISTAMOS CON LA SRA. MARÍA NANCY ANGÉLICA LUCCIOLA (62), CON DNI 08223722, SOLTERA, AMA DE CASA, Y CON DOMICILIO EN LA AV. AURELIO MIRO QUESA 270. DPTO. 1101 Ñ SAN ISIDRO, QUIEN REFIERE QUE IBA CONDICIENDO SU VEHÍCULO AUTOMÓVIL "HONDA", CIVIC, COLOR PLATA SATINADA, DE PLACA BOQ-289 POR LA CDRA. 06 DE AV. MIRO QUESADA DE OESTE A ESTE, EN CIRCUNSTANCIAS QUE SE CRUZO UN PEATÓN POR EL CARRIL DERECHO INTEMPESTIVAMENTE FRENANDO Y GOLPEÁNDOLO SUAVEMENTE CAYÉNDOSE AL SUELO, DE INMEDIATO SE HIZO PRESENTE LA AMBULANCIA 202 DE JESÚS MARÍA AL MANDO DEL SECCIONARIO ANTONIO SÁNCHEZ FLÓREZ, CONDUCIÉNDOLO A LA CLÍNICA EL GOLF DE SAN ISIDRO. 02. EN EL LUGAR (CLÍNICA EL GOLF) FUE ATENDIDO POR LA DRA. SILVIA GÓMEZ, LA CUAL NOS DIO UN DIAGNOSTICO PRELIMINAR: POLI CONTUSO, SIENDO IDENTIFICADO POR EL SUSCRITO EL SR. ALEJANDRO AYALA ALCANTARA (70) CON DNI N°06989363, DA CUENTA PARA LOS FINES DEL CASO

INTERVINIENTE : SO.BRIG. PNP PNP TARCISIO GUILLERMO PADILLA HERRERA

AUTENTIFICADOR 1 : SOT1.PNP ALBERTO ENRIQUE VILCHEZ CORDOVA

POLICIA NACIONAL DEL PERU**COMISARIA PNP****REGPOL - LIMA****ORRANTIA**

Fecha Imp : 31/12/2018 16:13 Hrs

O.P Imp. : CMDTE. PNP DANIEL OSWALDO SANCHEZ
SAAVEDRANro de Orden : **6637213** Clave : **CfzbYGyE**----- **ESTO NO ES COPIA CERTIFICADA** -----

Tipo	OCURRENCIA	Fecha y Hora Registro	10/01/2016 10:17:27 Hrs.	
Formalidad	ESCRITA	Fecha y Hora Hecho	09/01/2016 20:00:00 Hrs.	
Condición de la Denuncia	[TRAN] OCURRENCIA TRANSITO COMUN Nro : 6			

TIPIFICACION

- TRANSITO/ACCIDENTES DE TRANSITO/CHOQUE/CHOQUE Y FUGA

UBICACION

LIMA / LIMA / SAN ISIDRO / OTROS BALTAZAR LA TORRE 0

PARTICIPANTES

- 1) MONICA CAVERO-EGUSQUIZA SAAVEDRA(73), CON FECHA DE NACIMIENTO 29/04/1945 , ESTADO CIVIL : DIVORCIADO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 08262155, DIRECCION : LIMA / LIMA / SAN ISIDRO : JORGE BASADRE 1393 BLOCK B DPTO.401

VEHICULO(S)

- 1) AUTOMOVIL - MARCA : VOLVO - MODELO : NO INDICA - PLACA : B5C044 - COLOR : ROJO - AÑO FAB : 1999 - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :
- 2) AUTOMOVIL - MARCA : DAEWOO - MODELO : NO INDICA - PLACA : B5N492 - COLOR : - AÑO FAB : - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :

CONTENIDO

- EL SOS. PNP. MARCELINO CUADROS GARCIA.- DA CUENTA QUE SE PRESENTO LA SRA. MONICA CAVERO-EGUSQUIZA SAAVEDRA(70), CON FECHA DE NACIMIENTO 29/04/1945 , ESTADO CIVIL : DIVORCIADO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 08262155, DIRECCION : LIMA / LIMA / SAN ISIDRO : JORGE BASADRE 1393 BLOCK B DPTO.401, CONDUCTORA DEL AUTOMOVIL DE PLACA RODAJE NRO. B5C-492, PARA DENUNCIAR UN ACCIDENTE DE TRANSITO CHOQUE Y FUGA, HECHO OCURRIDO EL DIA DE AYER 09ENE15. A LAS 20.00 HRS. APROX. EN CIRCUNSTANCIAS QUE REFIERE QUE SU VEHICULO SE ENCONTRABA ESTACIONADO EN EL FRONTIS DEL INMUEBLE SIGNADO CON EL NRO. 880 DE LA CALLE BALTAZAR LA TORRE EN SAN ISIDRO, HABIENDOLO DEJADO ESTACIONADO A LAS 19.30 HRS. Y QUE A LAS 20.00 HRS. FUE COLISIONADO POR EL VEHICULO DE PLACA RODAJE NRO. B5N-492, CUYO VEHICULO SE DIO A LA FUGA, HABIENDO ANOTADO LA PLACA RODAJE POR EL VIGILANTE DE LA ZONA, OCASIONADO LOS SIGUIENTES DAÑOS MATERIALES: GUARDAFANGO DELANTERO DERECHO ABOLLADO Y HUNDIDO, LLANTA DELANTERO DERECHO REVENTADO, Y OTROS SUJETOS A PERITAJE DE DAÑOS, ES TODO LO QUE DENUNCIA A LA PNP. PARA LOS FIENS DEL CASO.

INTERVINIENTE : SO.SUP. PNP PNP MARCELINO CUADROS GARCIA

AUTENTIFICADOR 1 : SO.SUP.PNP MARCELINO CUADROS GARCIA

AUTENTIFICADOR 2 : SO.SUP. PNP CUADROS GARCIA,MARCELINO

POLICIA NACIONAL DEL PERU**COMISARIA PNP****REGPOL - LIMA****ORRANTIA**

Fecha Imp : 31/12/2018 16:08 Hrs

O.P Imp. : CMDTE. PNP DANIEL OSWALDO SANCHEZ
SAAVEDRANro de Orden : **6624152** Clave : **5rH0rfgm**----- **ESTO NO ES COPIA CERTIFICADA** -----

Tipo	OCURRENCIA	Fecha y Hora Registro	07/01/2016 17:04:04 Hrs.
Formalidad	ESCRITA	Fecha y Hora Hecho	07/01/2016 10:30:00 Hrs.
Condición de la Denuncia	[TRAN] OCURRENCIA TRANSITO COMUN Nro : 5		

**TIPIFICACION**

- TRANSITO/ACCIDENTES DE TRANSITO/CHOQUE/CHOQUE MULTIPLE

UBICACION

LIMA / LIMA / SAN ISIDRO / OTROS AV. JAVIER PARDO OESTE CON LA AV. JUAN DE ALIAGA 0

PARTICIPANTES

- 1) JOAO VICTOR PARIONA SORIANO(25), CON FECHA DE NACIMIENTO 30/11/1993 , ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 48052215, OCUPACION : CHOFER, DIRECCION : LIMA / LIMA / ATE : MZ.C2 LT.5 ASOC.HIJOS DE APURIMAC II - 6TA.ZONA
- 2) KARIN LIZETTE BERNINZON ROSADO(42), CON FECHA DE NACIMIENTO 15/05/1976 , ESTADO CIVIL : DIVORCIADO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 10426093, OCUPACION : VENDEDORA, DIRECCION : LIMA / LIMA / LIMA : AV. COLONIAL 3008 DPTO.804 CERCADO DE LIMA, TELEFONO : 5645535
- 3) ANGEL ACEBEDO SICH(37), CON FECHA DE NACIMIENTO 15/01/1981 , ESTADO CIVIL : SOLTERO(A), CON DOCUMENTO DE IDENTIDAD DNI NRO : 40782018, DIRECCION : LIMA / LIMA / CIENEGUILLA : C.POBLADO LA ENSENADA DE COLLANAC S/N MZ. J LT. 23

VEHICULO(S)

- 1) CAMION - MARCA : NISSAN - MODELO : NO INDICA - PLACA : B8E802 - COLOR : AZUL - AÑO FAB : 1990 - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :
- 2) AUTOMOVIL - MARCA : NISSAN - MODELO : NO INDICA - PLACA : BOH536 - COLOR : NEGRO - AÑO FAB : 2004 - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :
- 3) AUTOMOVIL - MARCA : HYUNDAI - MODELO : ACCENT - PLACA : F1Y258 - COLOR : - AÑO FAB : - SITUACION : ACCIDENTE DE TRANSITO - OBS :

CONTENIDO

- EL INTERVINIENTE, DA C QUE SIENDO LAS 10:45 HRS., DEL DÍA DE LA FECHA, EL SUSCRITO AL MANDO DE LA MÓVIL PL-7475, POR ORDEN SUPERIOR Y A MÉRITO DE UNA LLAMADA TELEFÓNICA DE LA CENTRAL 105, SE CONSTITUYO A LA AV. JAVIER PRADO OESTE CALZADA SUR CON LA AV. JUAN DE ALIAGA FRENTE AL GRIFO PRIMAX, DONDE SE HABRÍA PRODUCIDO UN ACCIDENTE TRÁNSITO (CHOQUE MÚLTIPLE) INTERVINIENDO AL SR. JOAO VICTOR PARIONA SORIANO (22) LIMA, CON DNI NRO. 48052215, CON LC NRO. Q48052215 A-II B, DOMICILIADO EN LA ASOC. HIJOS DE APURÍMAC MZ. C-2, LTE. 08 SANTA CLARA ATE, CONDUCTOR DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. B8E-802, CAMIÓN, NISSAN, AZUL, 1990; A LA SRA. KARIN LIZETTE BERNINZON ROSADO (39) LIMA, CON DNI NRO. 10426093, Y CON LC NRO. Q10426093 A-I, DOMICILIADO EN LA AV. OSCAR BENAVIDES NRO. 3008 LIMA, CONDUCTORA DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. BOH-536, AUTOMÓVIL, NISSAN, 2004, NEGRO; Y AL SR. ANGEL ACEBEDO SICH(34) APURÍMAC, CON DNI NRO. 40782018, Y CON LC NRO. K40782018 AII A, DOMICILIADO EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA DE COLLAMAC MZ. J LTE.23 CIENEGUILLA, CONDUCTOR DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. F1Y-258, AUTOMÓVIL, HYUNDAI, 2013, NEGRO, SEGÚN LOS CONDUCTORES EL ACCIDENTE DE TRÁNSITO SE PRODUJO A LA 10:30 APROX., CUANDO EL VEHÍCULO DE PLACA NRO. B8E-802 SE DESPLAZABA POR LA POR LA AV. JAVIER PRADO OESTE EN SENTIDO DE OESTE A ESTE CARRIL IZQUIERDO, IMPACTA CON LA PARTE DELANTERA LA PARTE POSTERIOR DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. BOH-536 QUE SE DESPLAZABA POR LA MISMA AV., EL MISMO SENTIDO , EL MIMO CARRIL, A CONSECUENCIA DEL IMPACTO FUE PROYECTADO HACIA DELANTE IMPACTANDO CON LA PARTE DELANTERA LA PARTE POSTERIOR DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. F1Y-258, QUIEN SE DESPLAZABA POR LA MISMA AV., LA MISMO SENTIDO, EL MISMO CARRIL, A CONSECUENCIA DE LA COLISIÓN SOLO HUBO DAÑOS MATERIALES, EL VEHÍCULO DE PLACA NRO. B8E-802 PRESENTA PARACHOQUE DELANTERO DERECHO ABOLLADO, Y EL VEHÍCULO DE PLACA NRO. BOH-536 PRESENTA PARACHOQUE POSTERIOR MALETERA, GUARDADAFANGO POSTERIOR IZQUIERDO ABOLLADOS, PARACHOQUE DELANTERO, FARO DELANTERO Y DIRECCIONAL IZQUIERDO ROTO, CAPOT DELANTERO ABOLLADO,

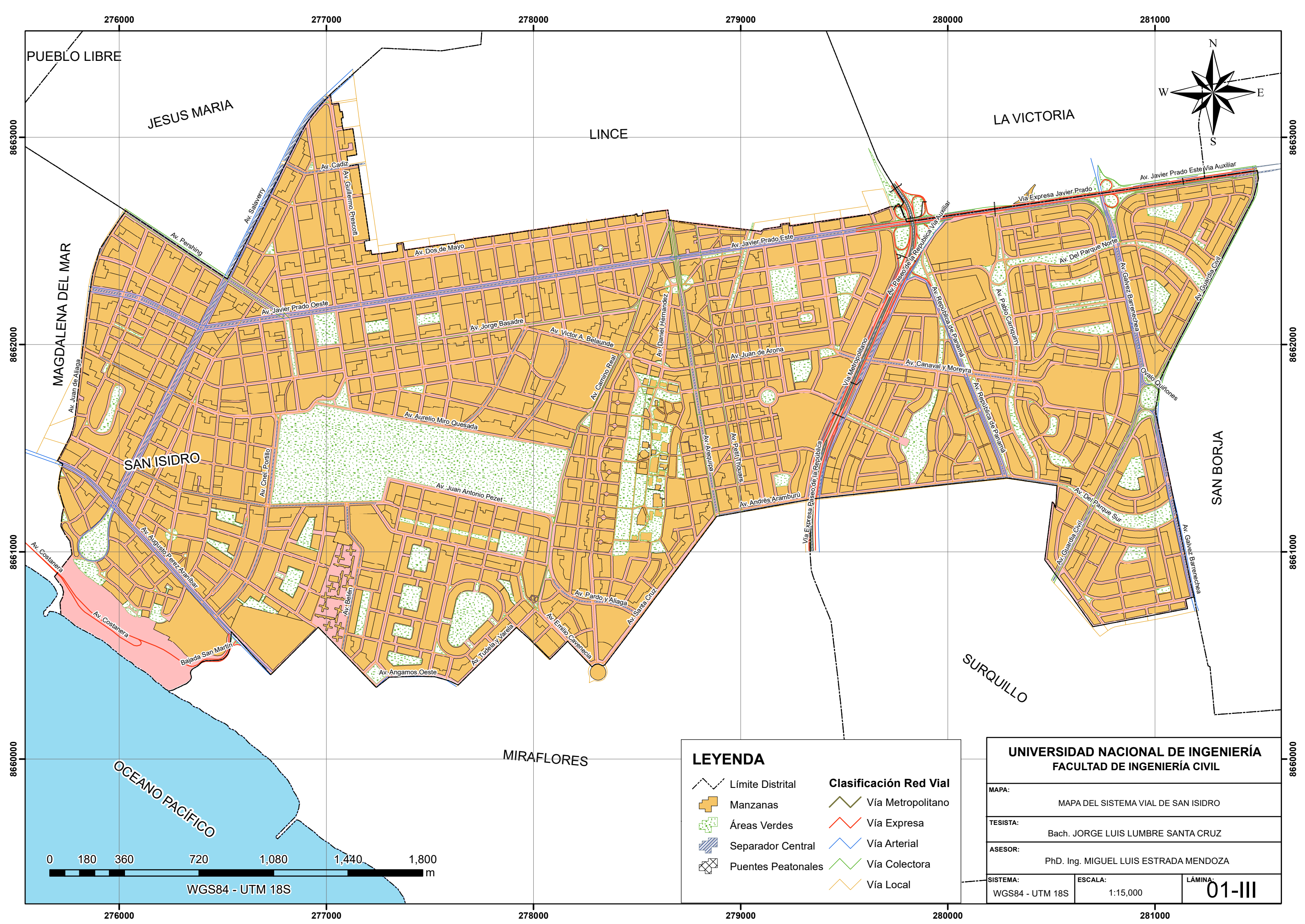
MASCAR ROTA, Y EL VEHÍCULO DE PLACA NRO.F1Y-258, PRESENTA PEQUEÑA ABOLLADURA DEL PARACHOQUE POSTERIOR; VEHÍCULOS PARTICIPANTES SUJETOS A PERITAJE DE DAÑOS, EL CONDUCTOR DEL VEHÍCULO DE PLACA NRO. B8E-802 REFIERE QUE A CONSECUENCIA DE LOS FRENOS LARGOS DE SU VEHÍCULO FUE EL PRODUCTO DE ACCIDENTE. LO QUE DA CUENTA PARA LOS FINES DEL CASO.

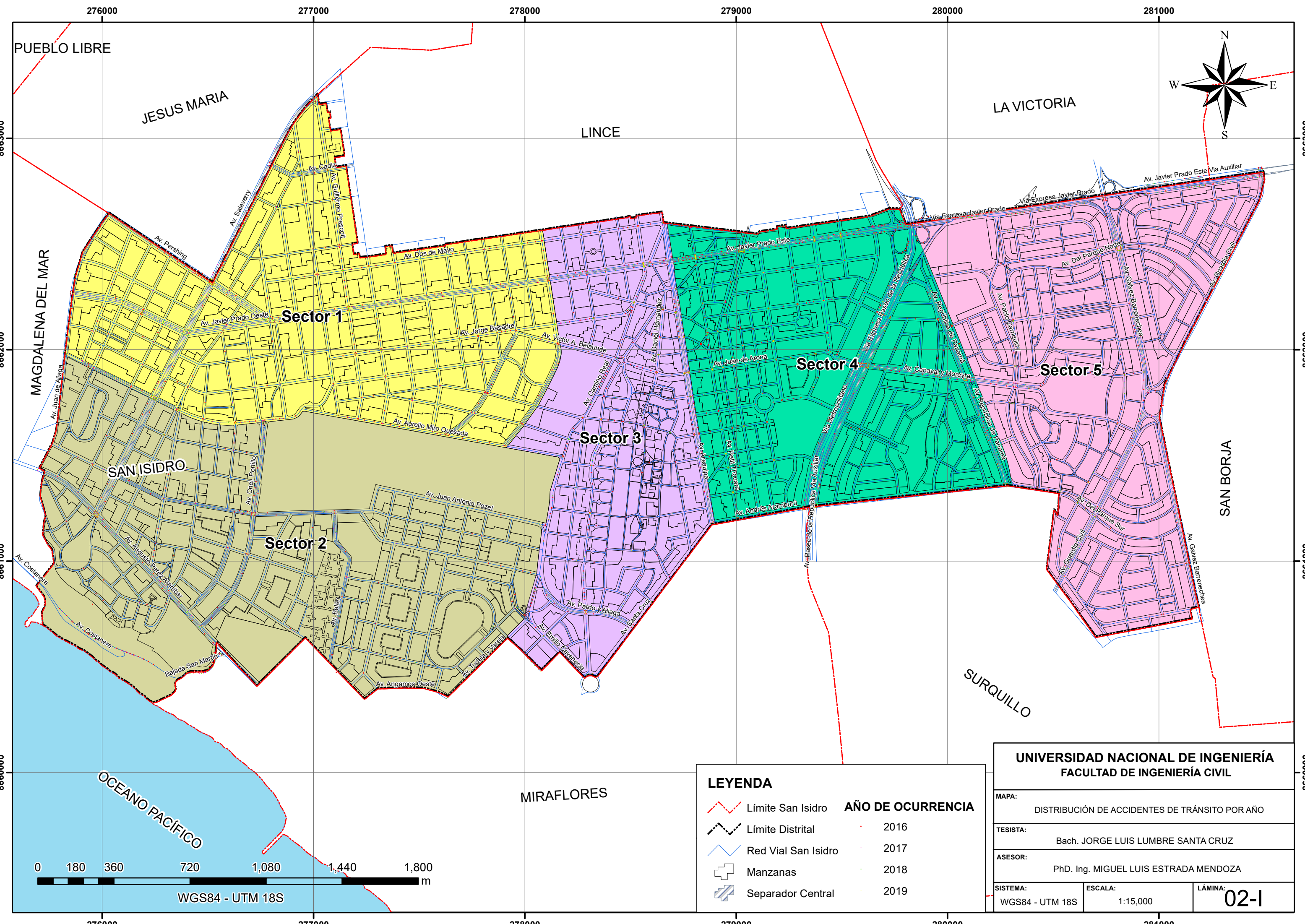
INTERVINIENTE : SO.BRIG. PNP PNP LUIS ALBERTO JUAREZ ARCE

AUTENTIFICADOR 1 : SOT1.PNP JORGE LUIS NECOCHEA CASTANEDA

AUTENTIFICADOR 2 : CAPIT. PNP MARRON MENDOZA,ROBERTH HUGO

Anexo C – Mapas temáticos





Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

AÑO DE OCURENCIA

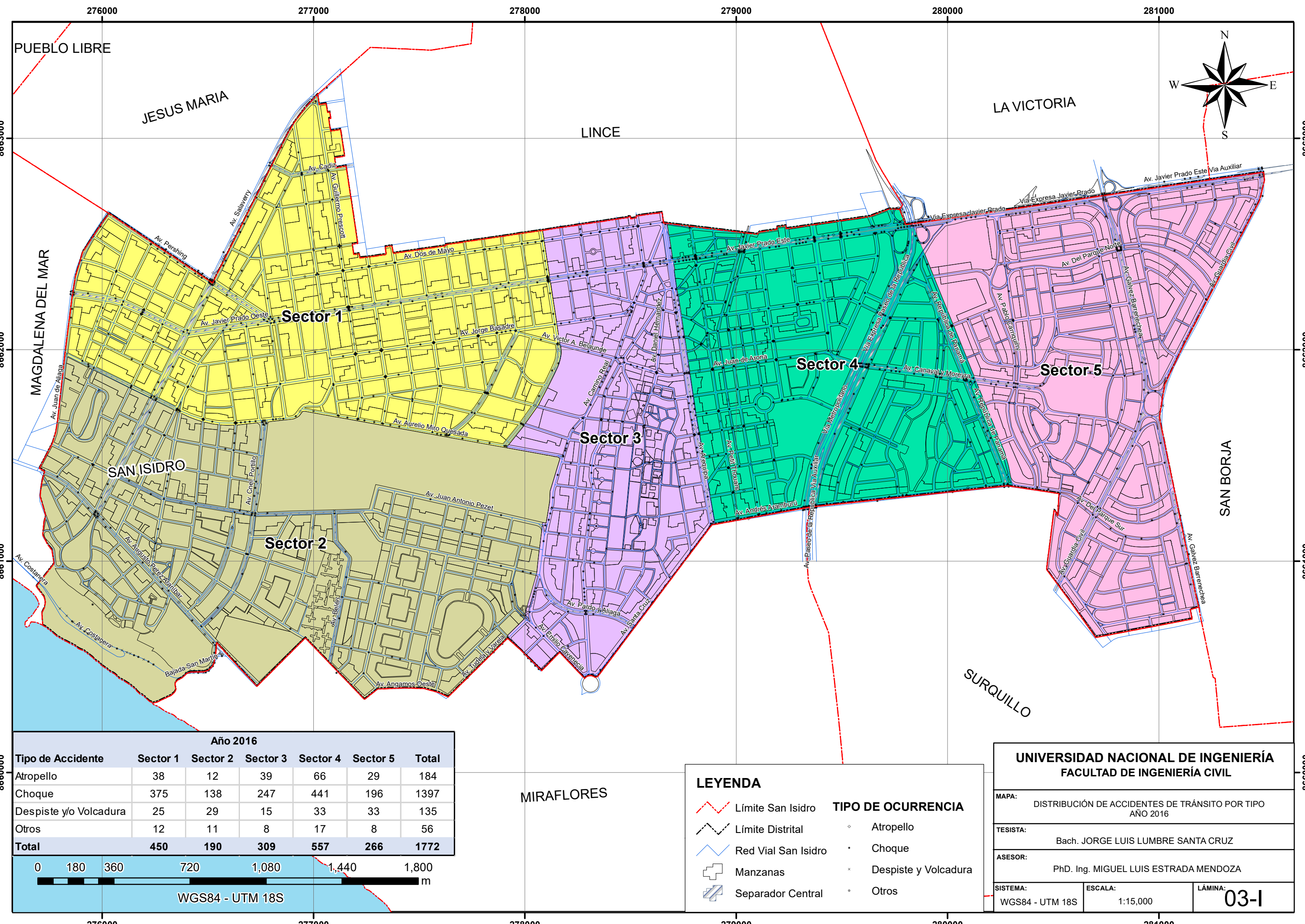
2016

2017

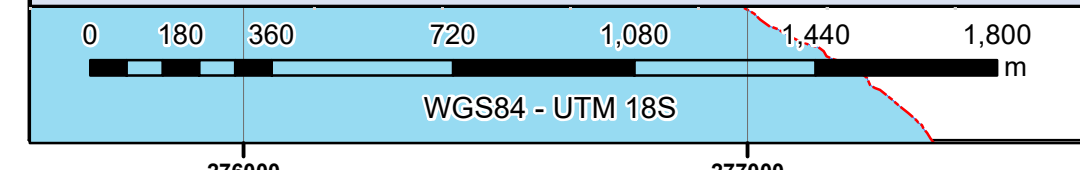
2018

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR AÑO	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	02-I



Año 2016						
Tipo de Accidente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Atropello	38	12	39	66	29	184
Choque	375	138	247	441	196	1397
Despiste y/o Volcadura	25	29	15	33	33	135
Otros	12	11	8	17	8	56
Total	450	190	309	557	266	1772



LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

TIPO DE OCURRENCIA

Atropello

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR TIPO
AÑO 2016

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

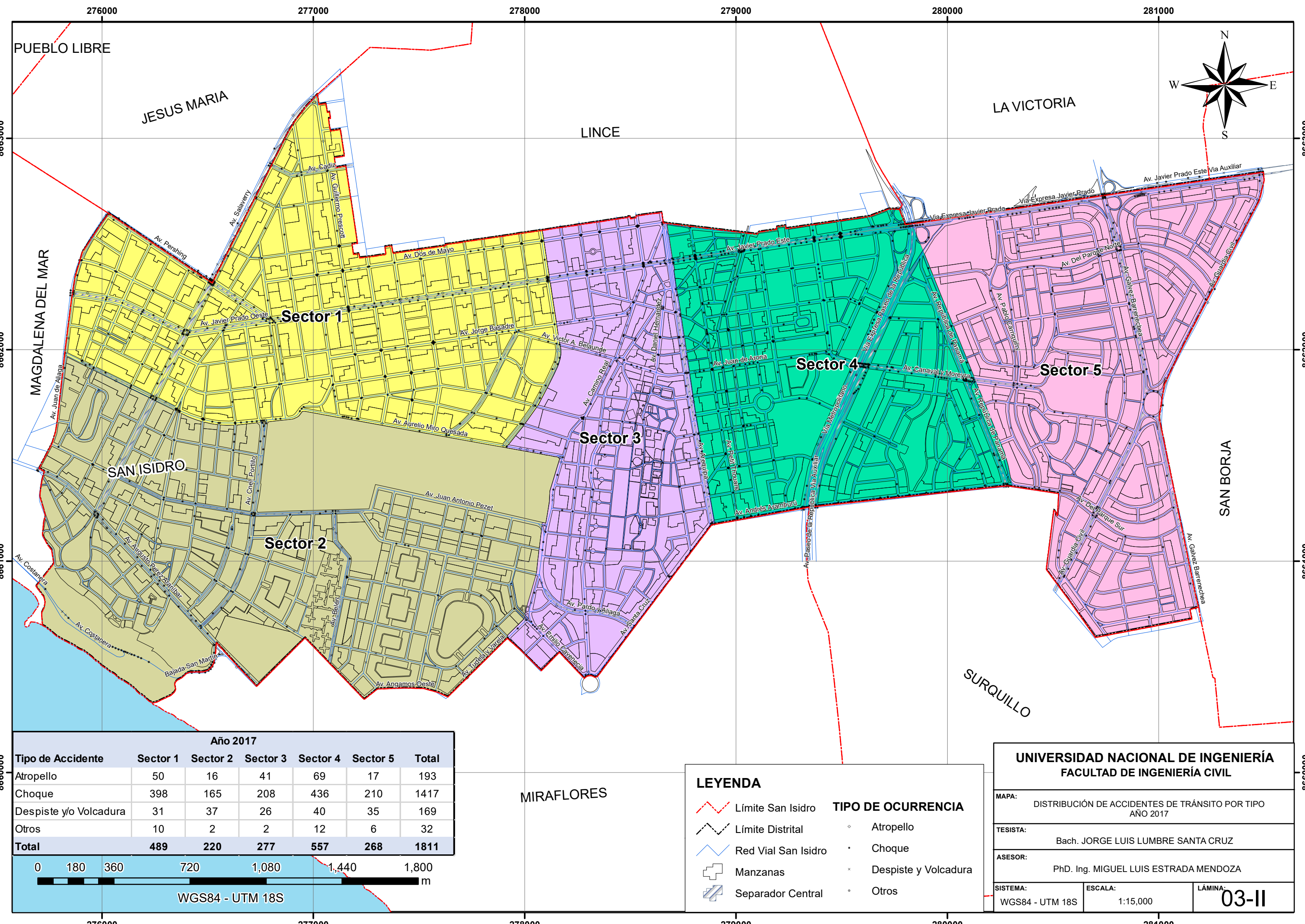
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

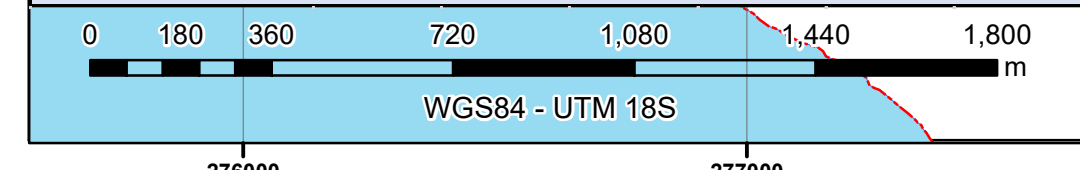
1:15,000

LÁMINA:

03-I



Año 2017						
Tipo de Accidente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Atropello	50	16	41	69	17	193
Choque	398	165	208	436	210	1417
Despiste y/o Volcadura	31	37	26	40	35	169
Otros	10	2	2	12	6	32
Total	489	220	277	557	268	1811



LEYENDA

- Límite San Isidro
- Límite Distrital
- Red Vial San Isidro
- Manzanas
- Separador Central

TIPO DE OCURRENCIA

- Atropello
- Choque
- Despiste y Volcadura
- Otros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR TIPO AÑO 2017

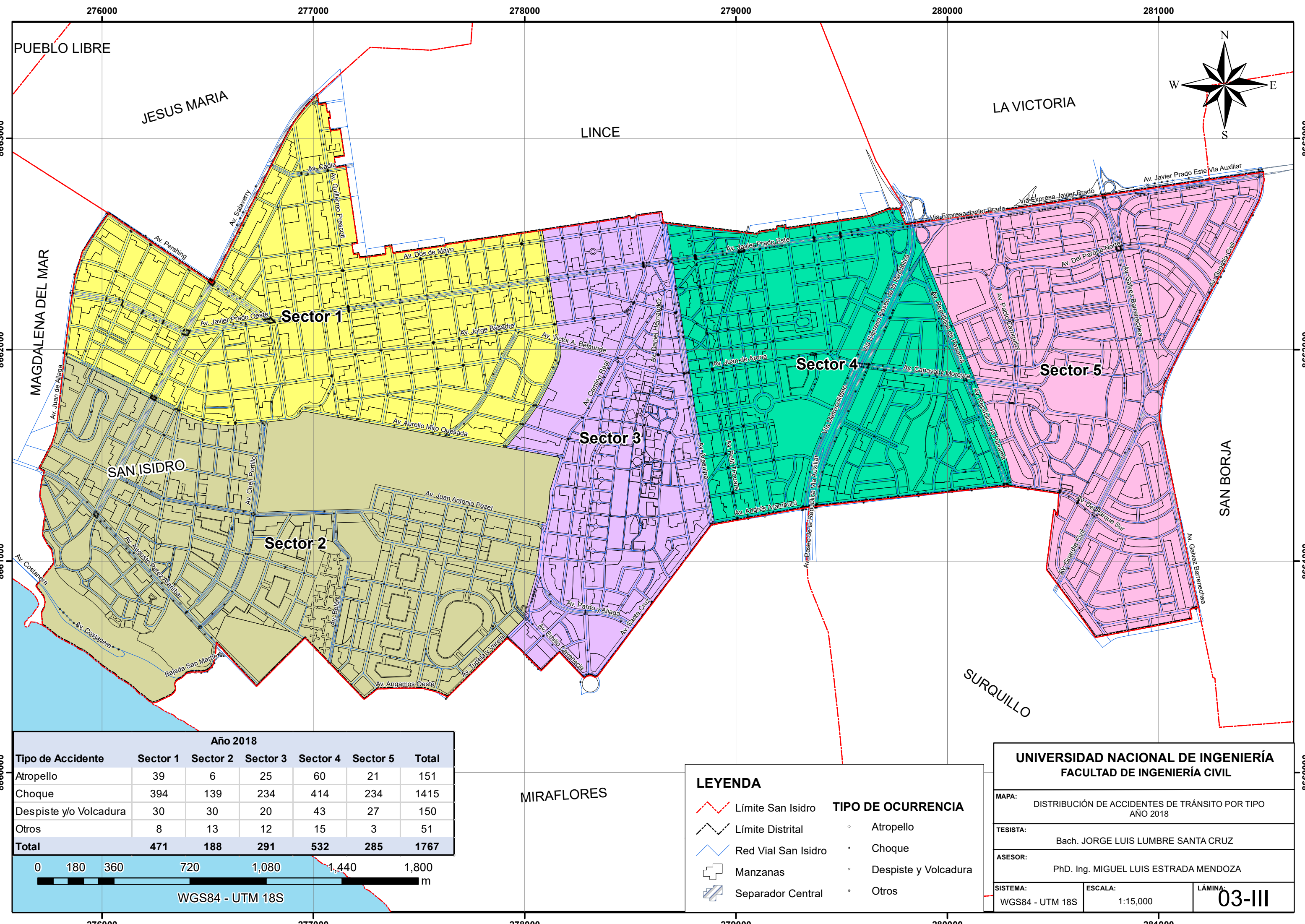
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

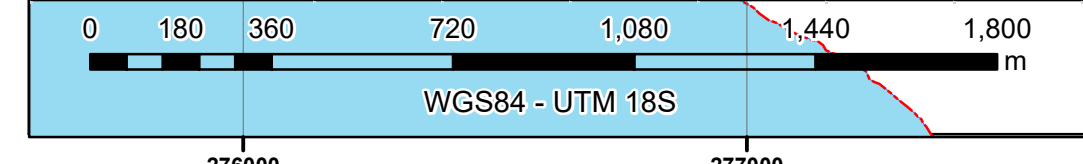
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 03-II



Año 2018						
Tipo de Accidente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Atropello	39	6	25	60	21	151
Choque	394	139	234	414	234	1415
Despiste y/o Volcadura	30	30	20	43	27	150
Otros	8	13	12	15	3	51
Total	471	188	291	532	285	1767



LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

TIPO DE OCURRENCIA

Atropello

Choque

Despiste y Volcadura

Otros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR TIPO AÑO 2018

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

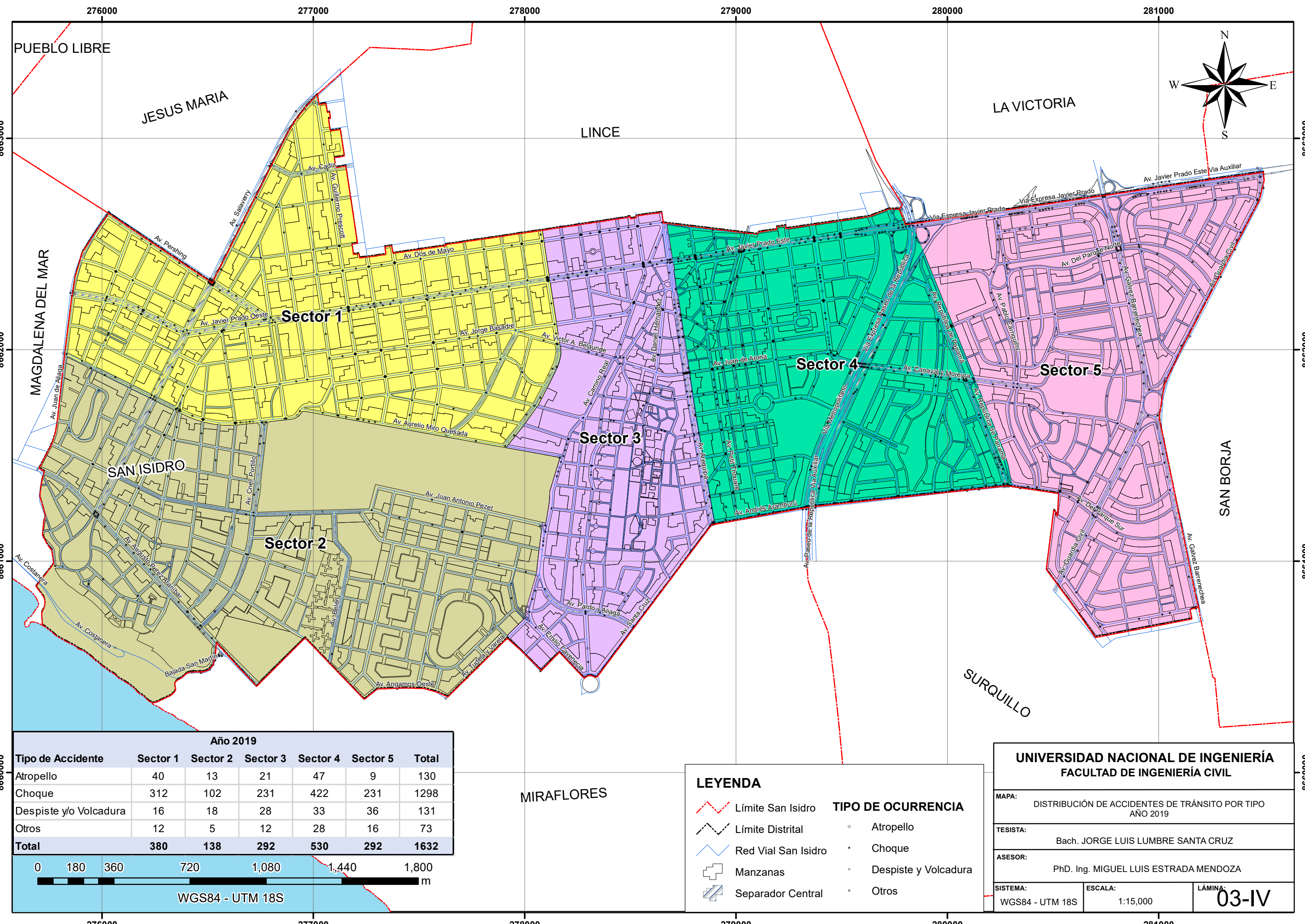
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

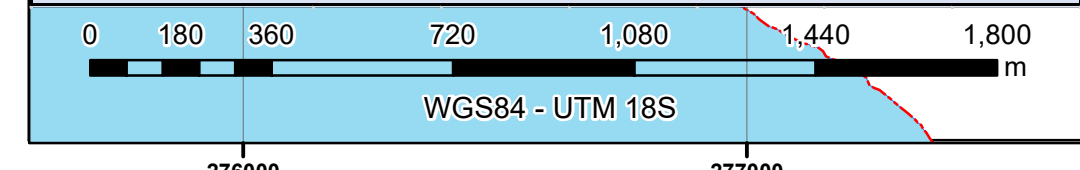
1:15,000

LÁMINA:

03-III



Año 2019						
Tipo de Accidente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Atropello	40	13	21	47	9	130
Choque	312	102	231	422	231	1298
Despiste y/o Volcadura	16	18	28	33	36	131
Otros	12	5	12	28	16	73
Total	380	138	292	530	292	1632



LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

TIPO DE OCURRENCIA

Atropello

Choque

Despiste y Volcadura

Otros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR TIPO AÑO 2019

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

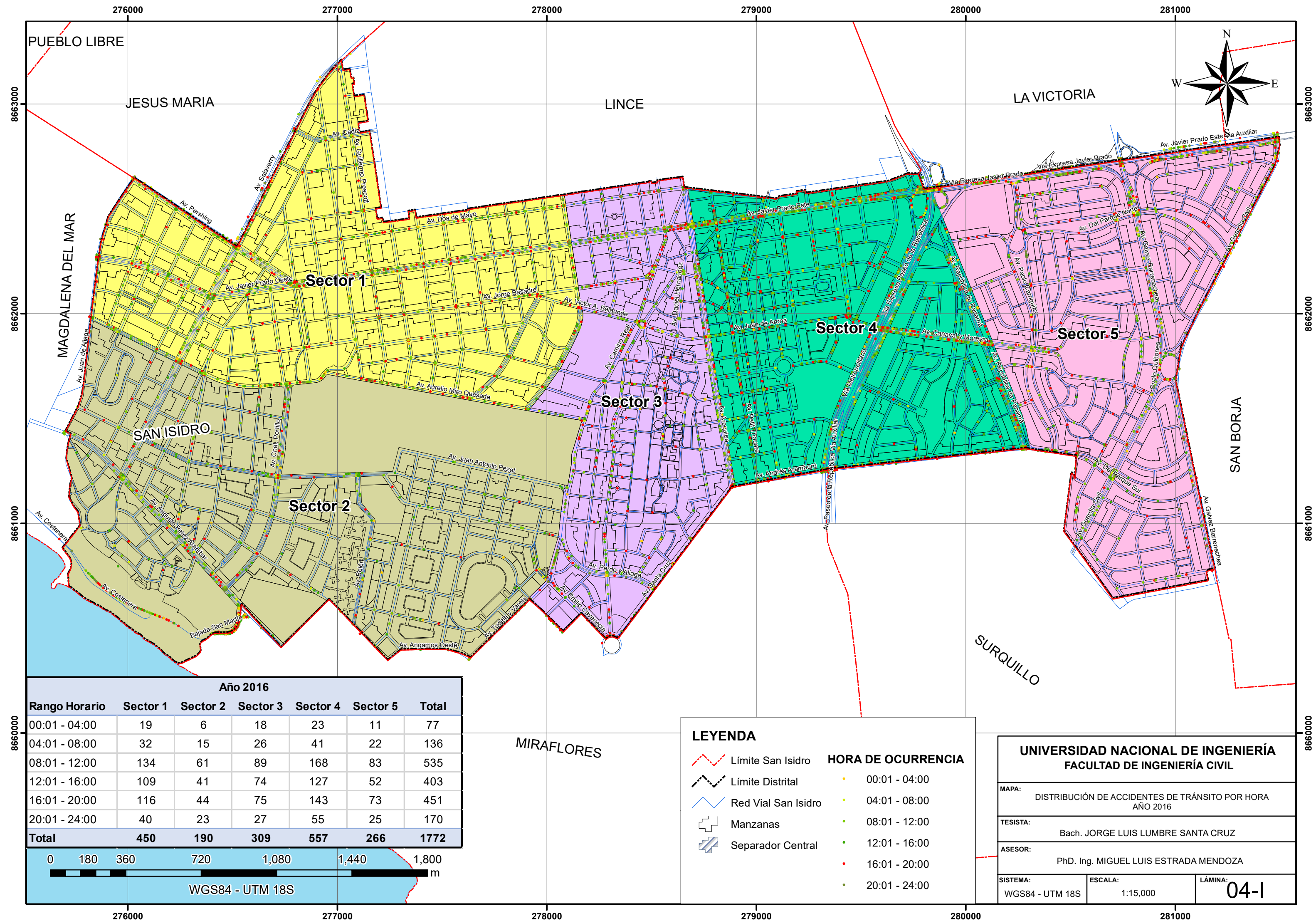
WGS84 - UTM 18S

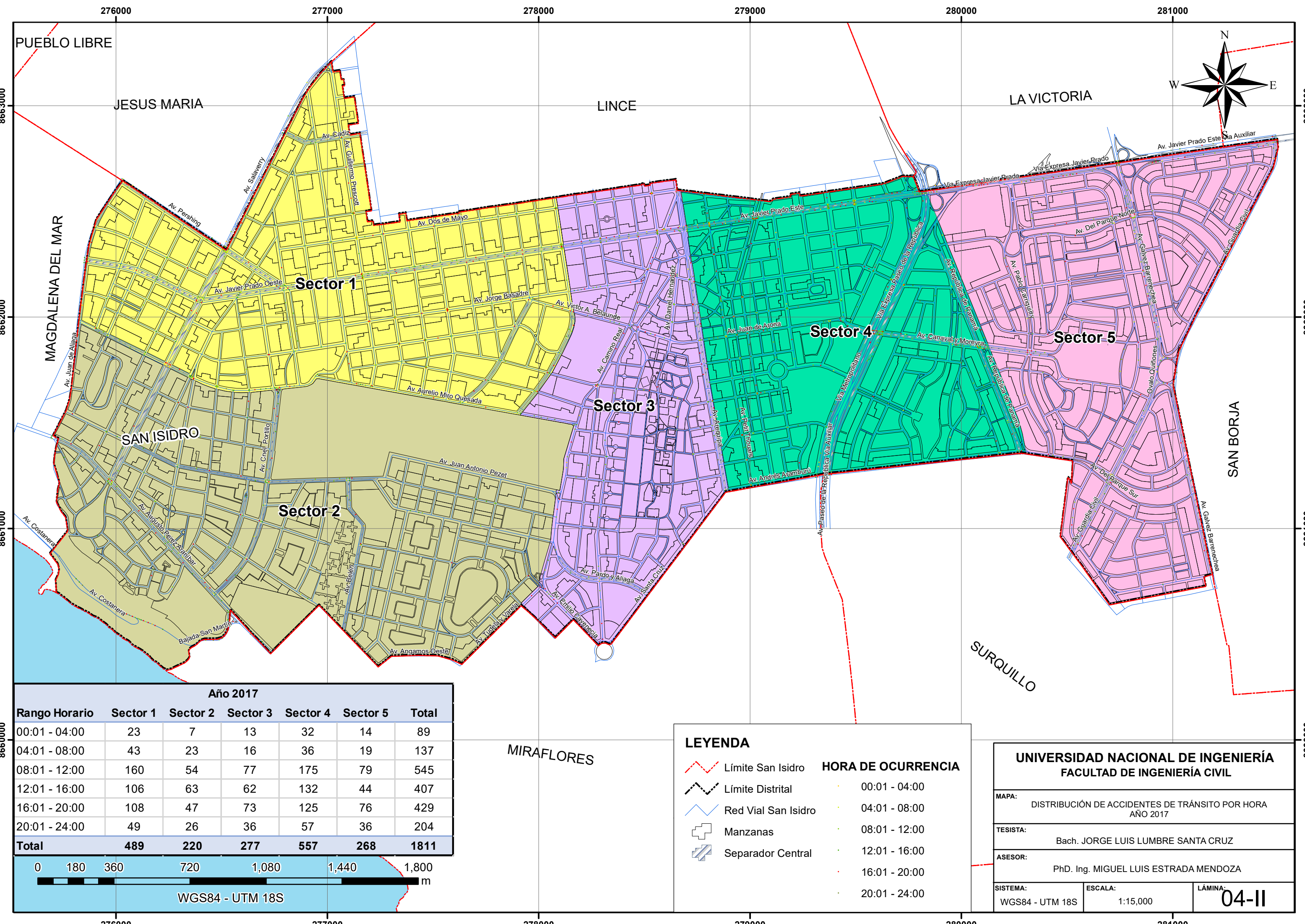
ESCALA:

1:15,000

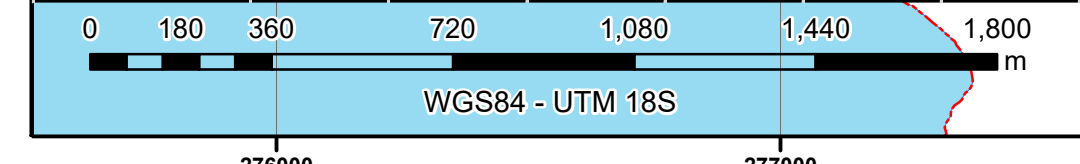
LÁMINA:

03-IV





Año 2017						
Rango Horario	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
00:01 - 04:00	23	7	13	32	14	89
04:01 - 08:00	43	23	16	36	19	137
08:01 - 12:00	160	54	77	175	79	545
12:01 - 16:00	106	63	62	132	44	407
16:01 - 20:00	108	47	73	125	76	429
20:01 - 24:00	49	26	36	57	36	204
Total	489	220	277	557	268	1811



LEYENDA

- Límite San Isidro
- Límite Distrital
- Red Vial San Isidro
- Manzanas
- Separador Central

HORA DE OCURENCIA

- 00:01 - 04:00
- 04:01 - 08:00
- 08:01 - 12:00
- 12:01 - 16:00
- 16:01 - 20:00
- 20:01 - 24:00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR HORA
AÑO 2017

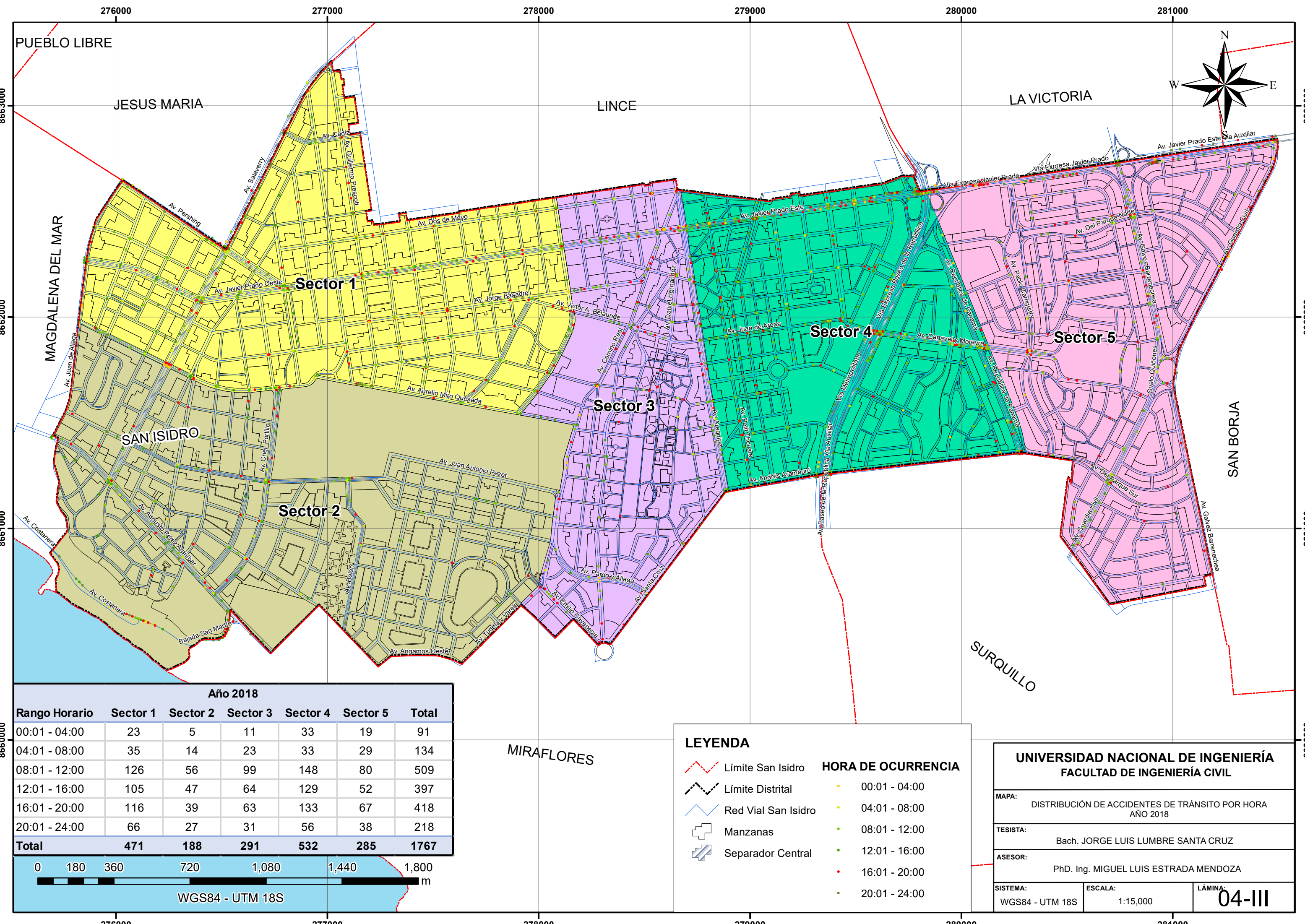
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

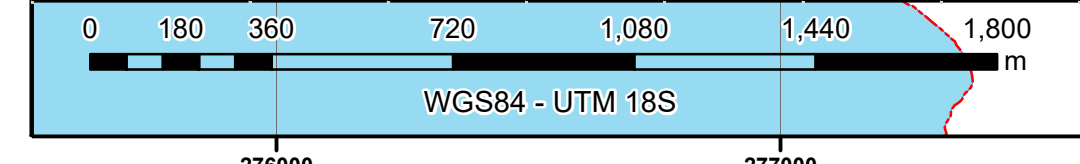
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 04-II



Año 2018						
Rango Horario	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
00:01 - 04:00	23	5	11	33	19	91
04:01 - 08:00	35	14	23	33	29	134
08:01 - 12:00	126	56	99	148	80	509
12:01 - 16:00	105	47	64	129	52	397
16:01 - 20:00	116	39	63	133	67	418
20:01 - 24:00	66	27	31	56	38	218
Total	471	188	291	532	285	1767



LEYENDA

- Límite San Isidro
- Límite Distrital
- Red Vial San Isidro
- Manzanas
- Separador Central

HORA DE OCURENCIA

- 00:01 - 04:00
- 04:01 - 08:00
- 08:01 - 12:00
- 12:01 - 16:00
- 16:01 - 20:00
- 20:01 - 24:00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:
DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR HORA
AÑO 2018

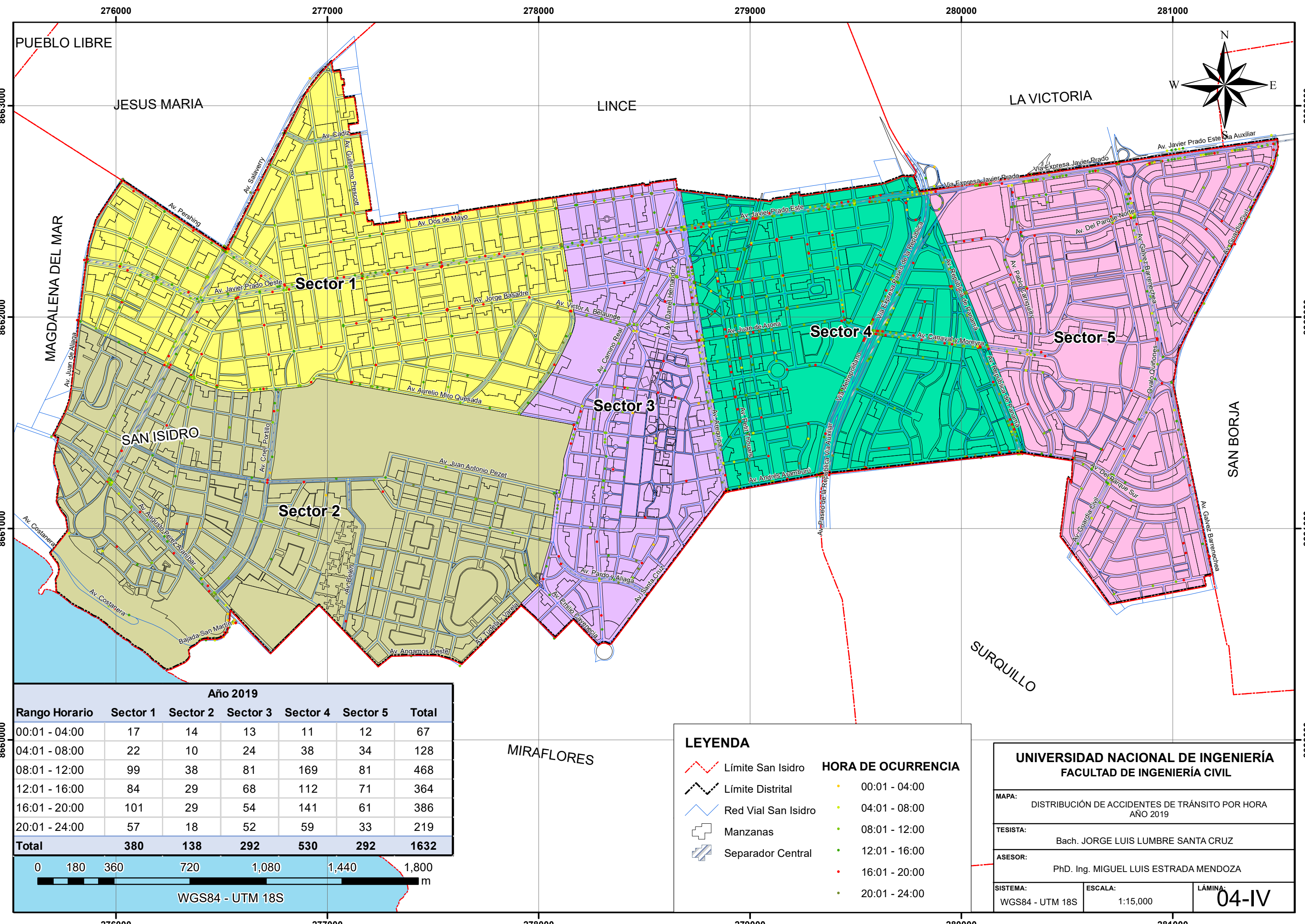
TESISTA:
Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:
PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

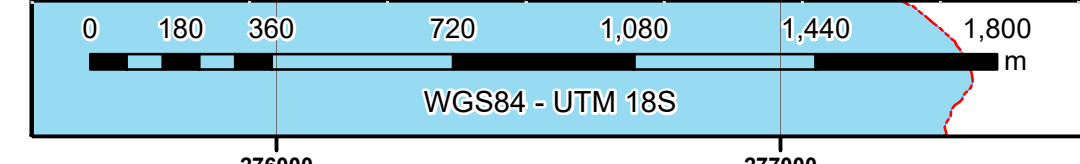
SISTEMA:
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:
1:15,000

LÁMINA:
04-III



Año 2019						
Rango Horario	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
00:01 - 04:00	17	14	13	11	12	67
04:01 - 08:00	22	10	24	38	34	128
08:01 - 12:00	99	38	81	169	81	468
12:01 - 16:00	84	29	68	112	71	364
16:01 - 20:00	101	29	54	141	61	386
20:01 - 24:00	57	18	52	59	33	219
Total	380	138	292	530	292	1632



LEYENDA

- Límite San Isidro
- Límite Distrital
- Red Vial San Isidro
- Manzanas
- Separador Central

HORA DE OCURENCIA

- 00:01 - 04:00
- 04:01 - 08:00
- 08:01 - 12:00
- 12:01 - 16:00
- 16:01 - 20:00
- 20:01 - 24:00

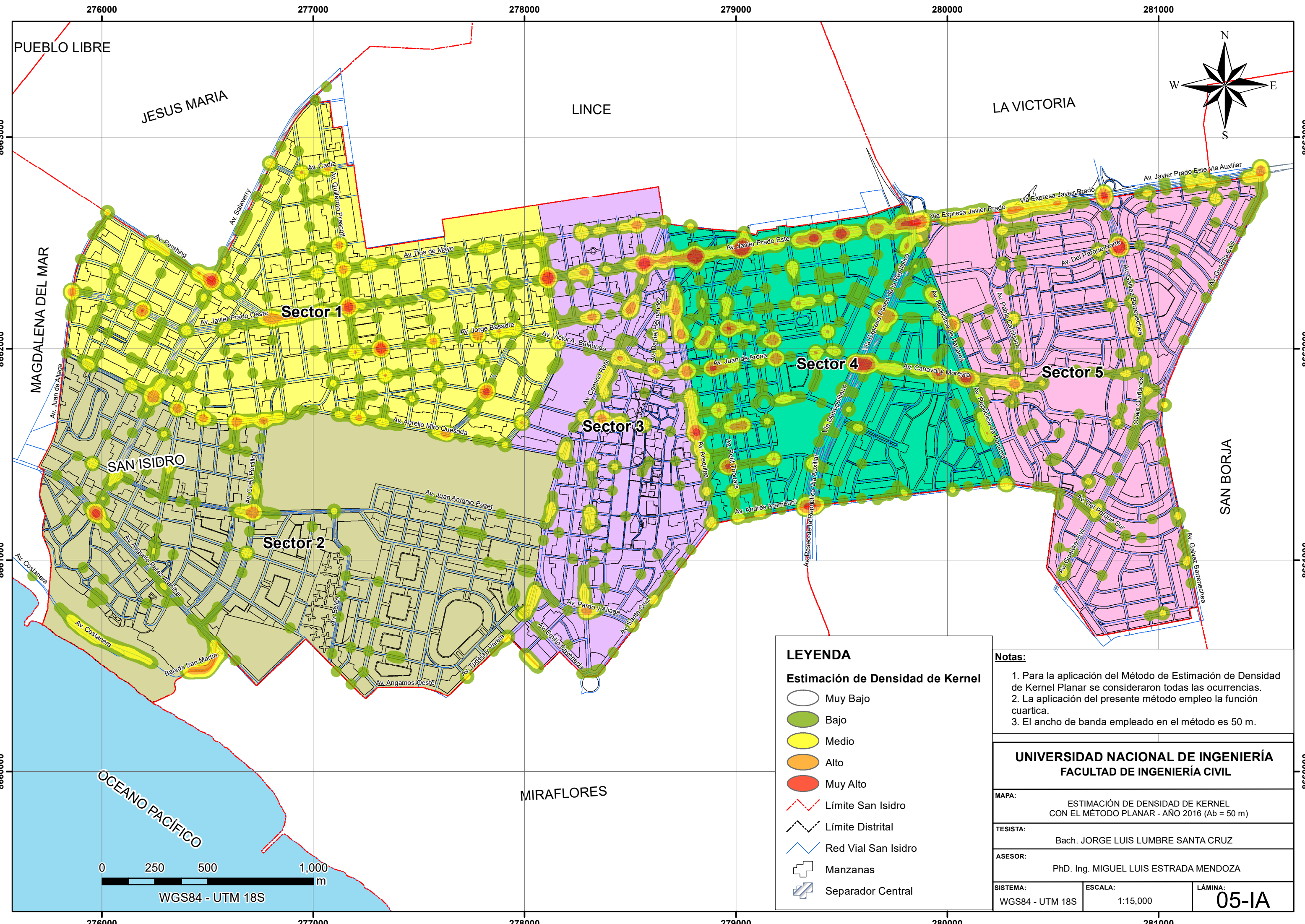
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO POR HORA
AÑO 2019

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S	ESCALA: 1:15,000	LÁMINA: 04-IV
--------------------------	------------------	---------------



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

--- Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método empleó la función cuártica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

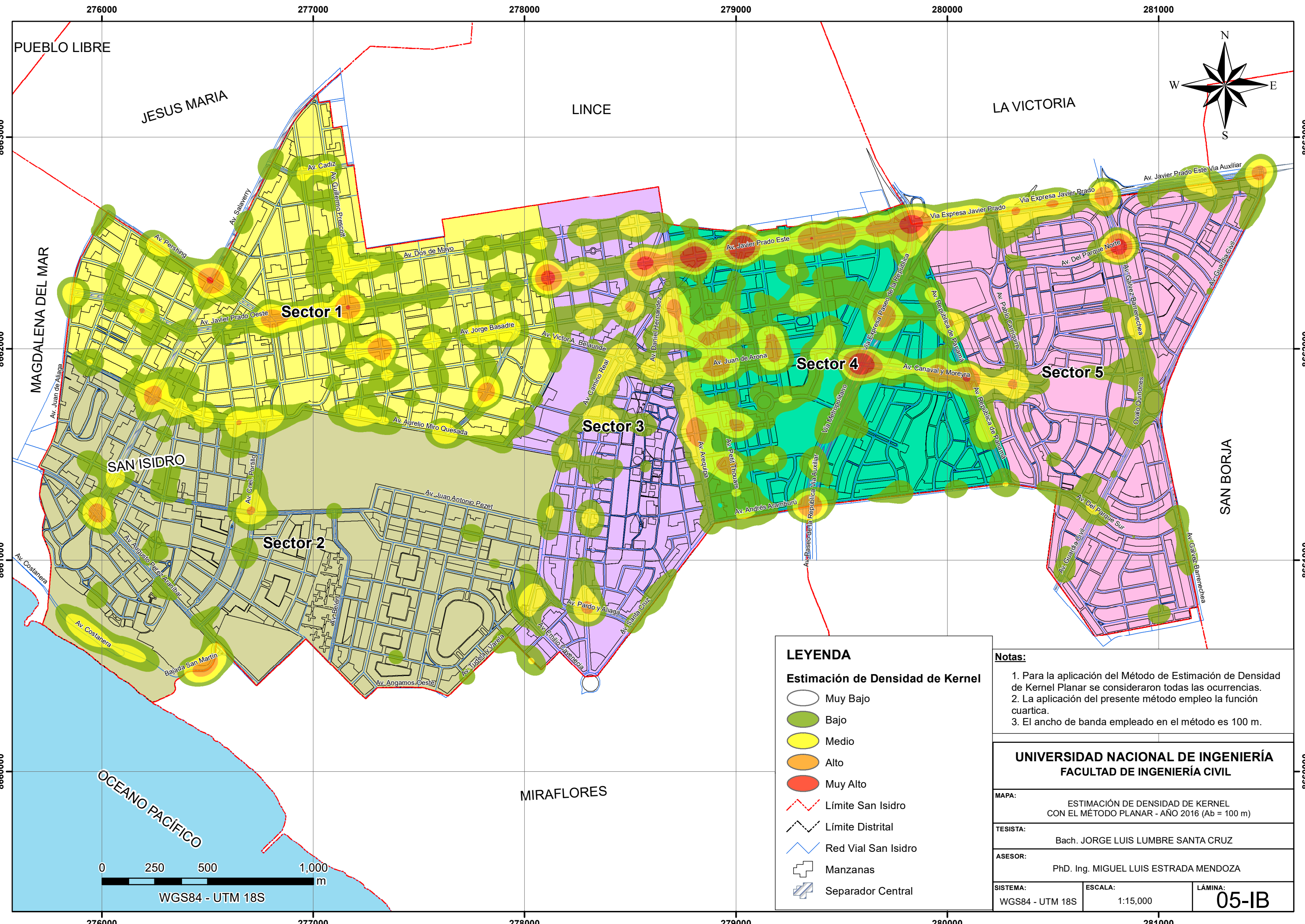
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2016 (Ab = 50 m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: Ph.D. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S ESCALA: 1:15,000 LÁMINA: 05-IA



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

— Límite San Isidro

— Límite Distrital

— Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método emplea la función cuártica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

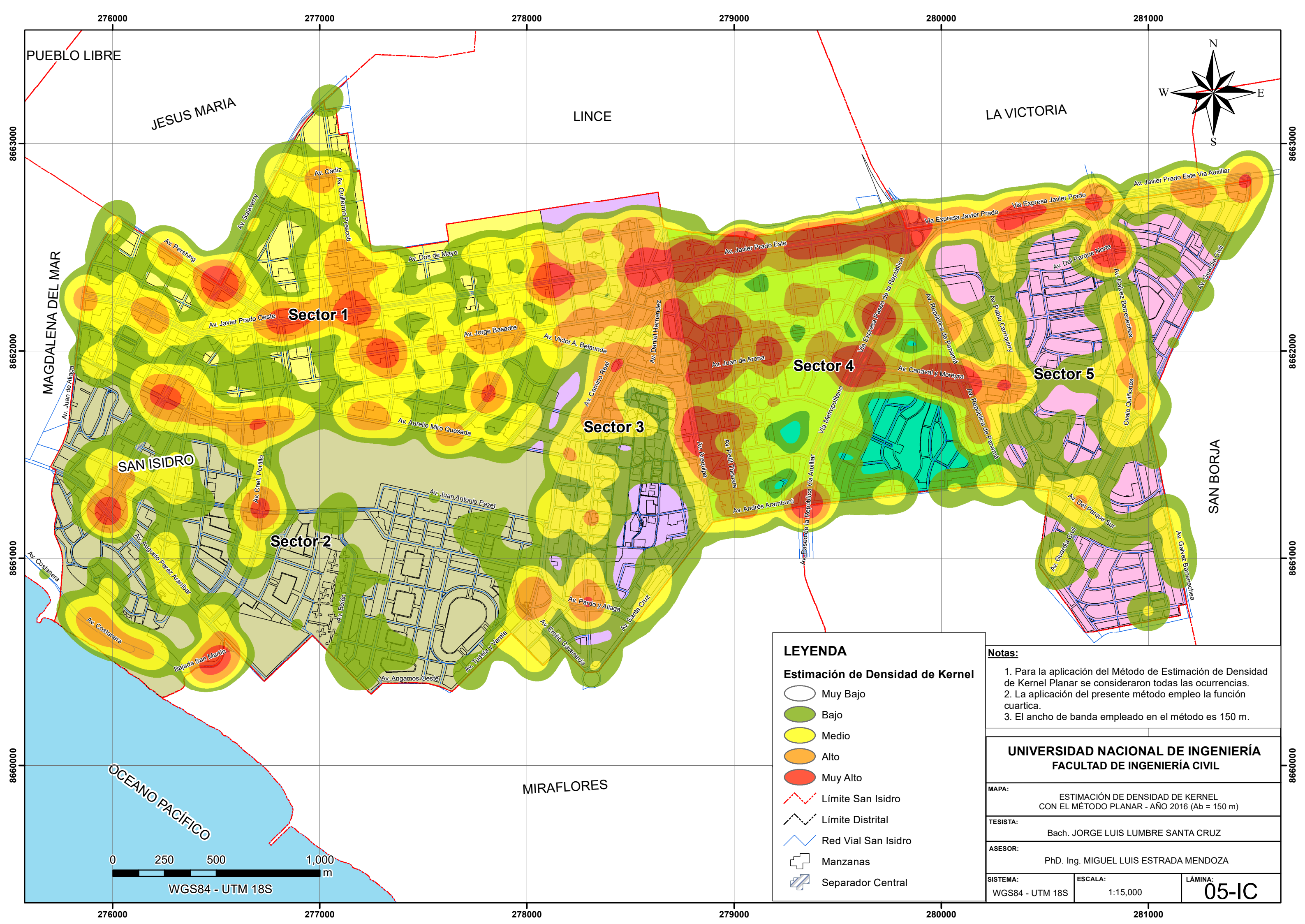
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

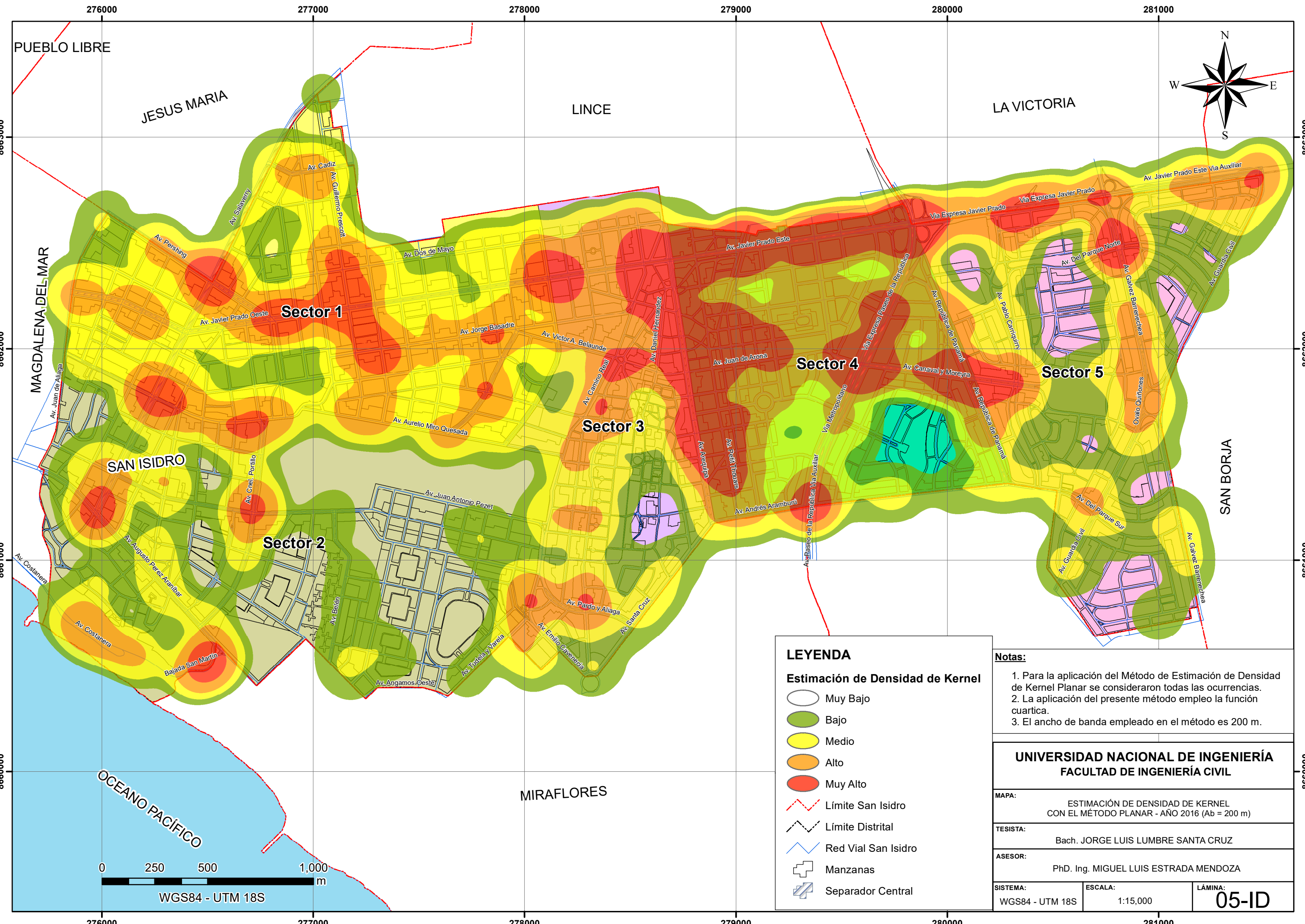
MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2016 (Ab = 100 m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S ESCALA: 1:15,000 LÁMINA: 05-IB





LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.

2. La aplicación del presente método empleo la función cuartica.

3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2016 (Ab = 200 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

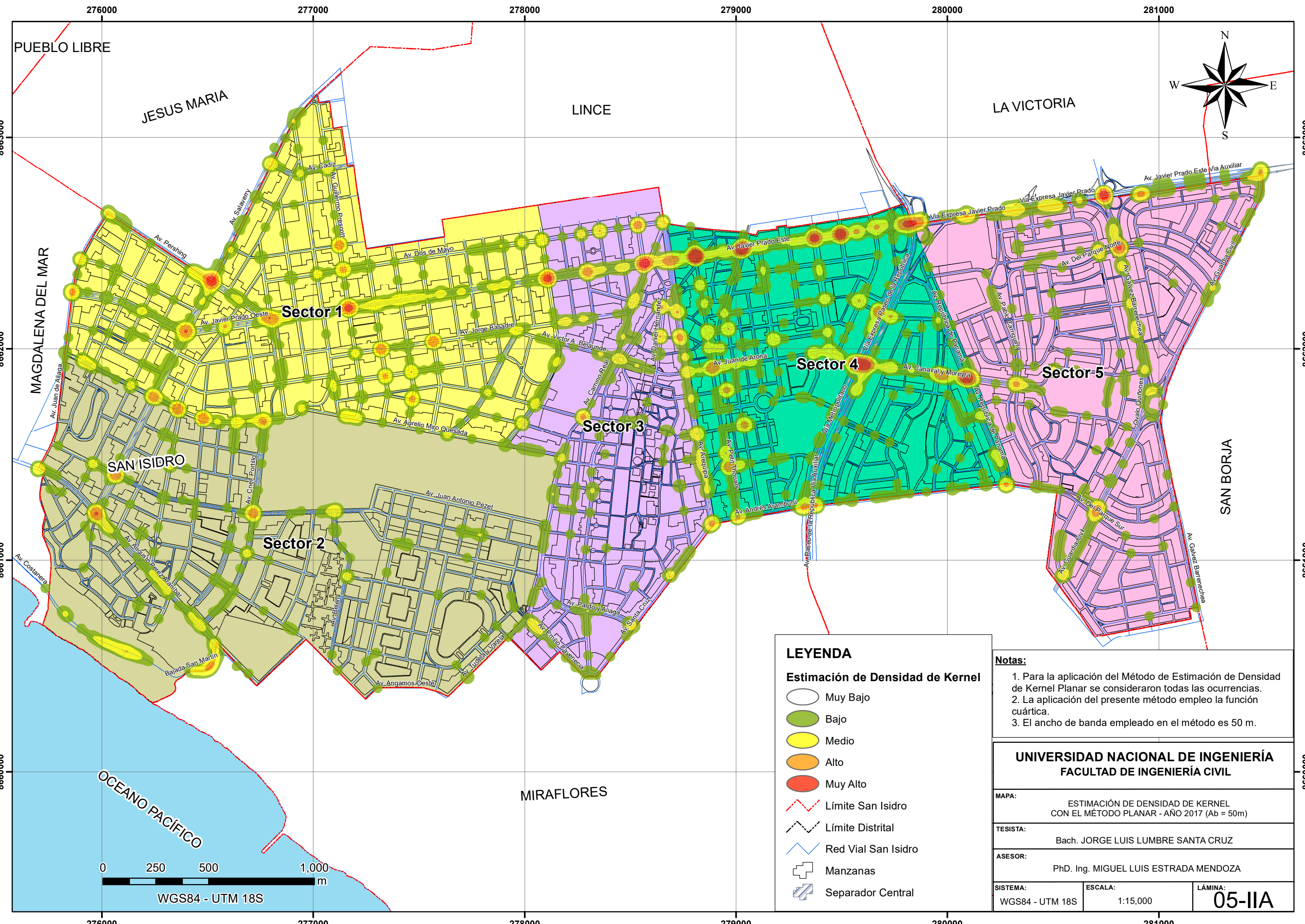
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

05-ID



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.

2. La aplicación del presente método empleó la función cuártica.

3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2017 (Ab = 50m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

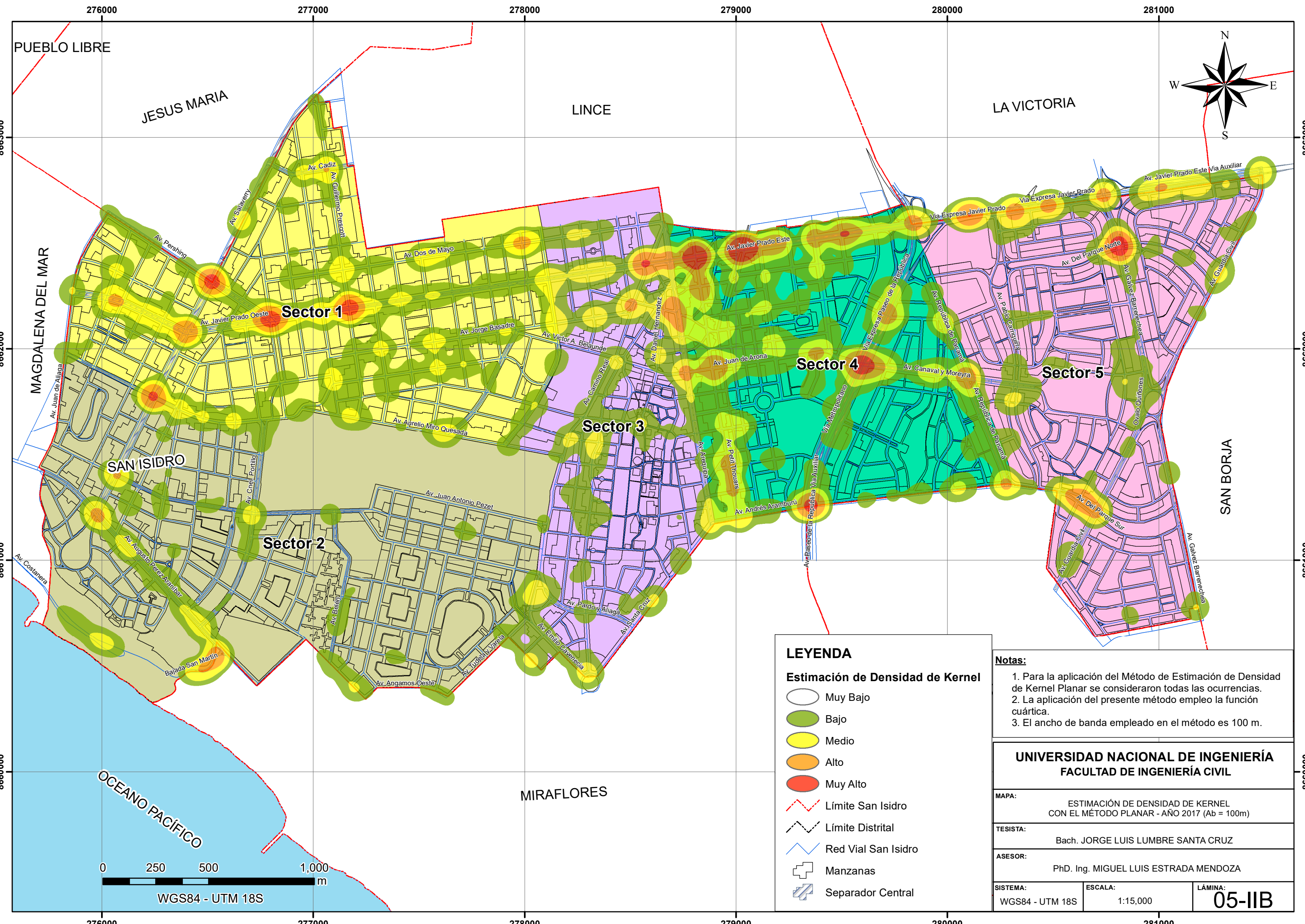
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

05-IIA



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

--- Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método empleó la función cuártica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

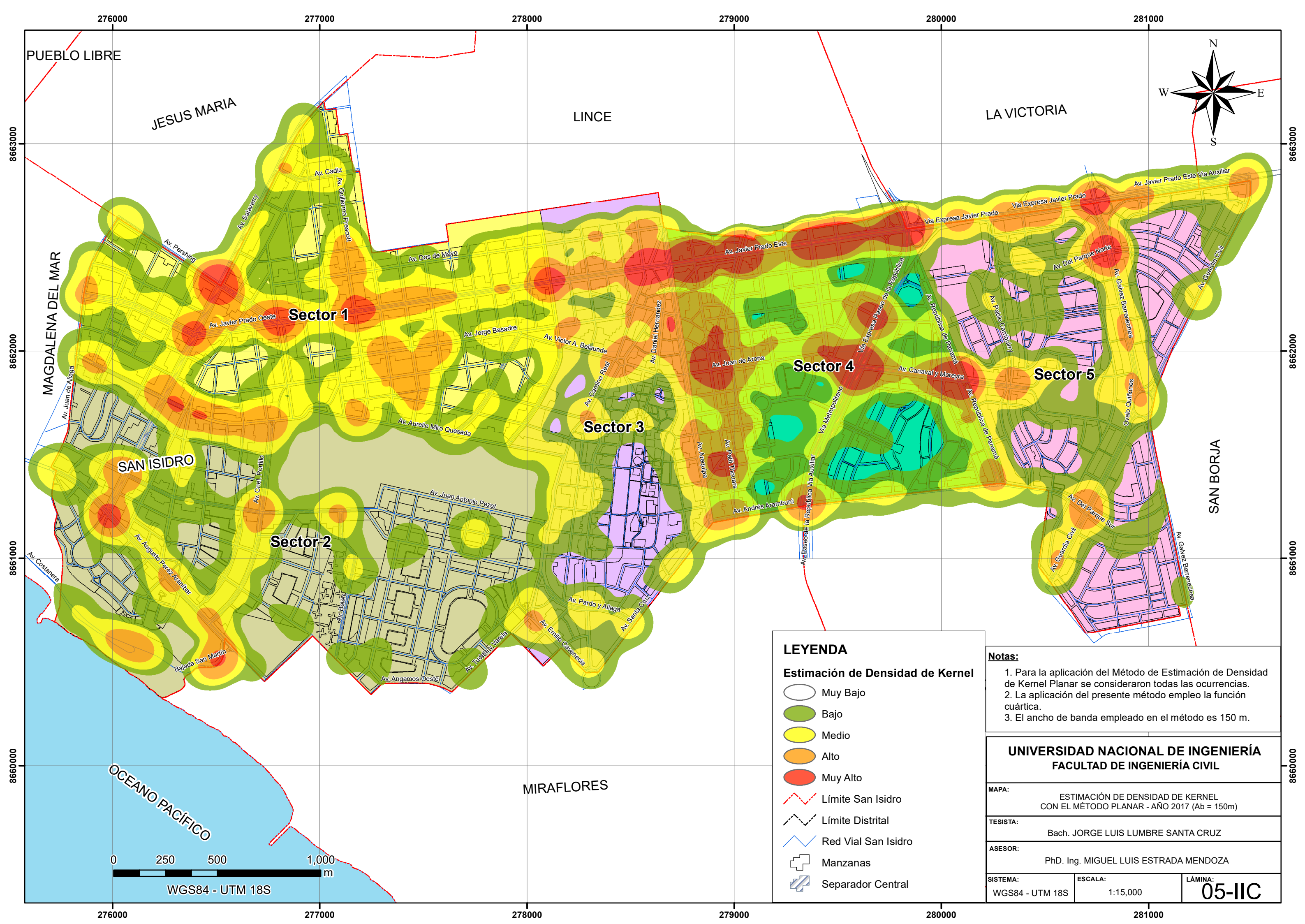
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

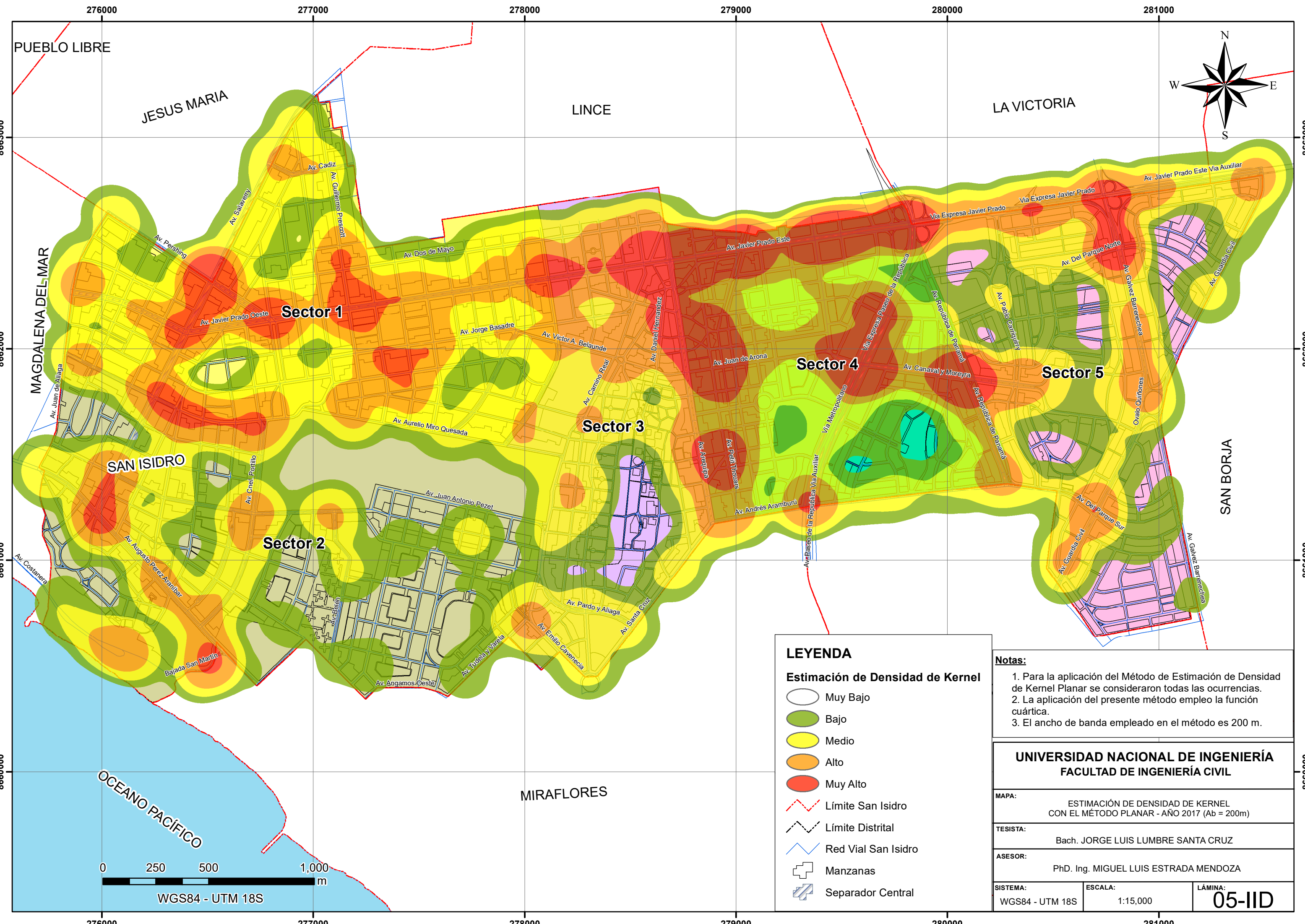
MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2017 (Ab = 100m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S ESCALA: 1:15,000 LÁMINA: 05-IIB





LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

- Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
- La aplicación del presente método empleó la función cuártica.
- El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2017 (Ab = 200m)

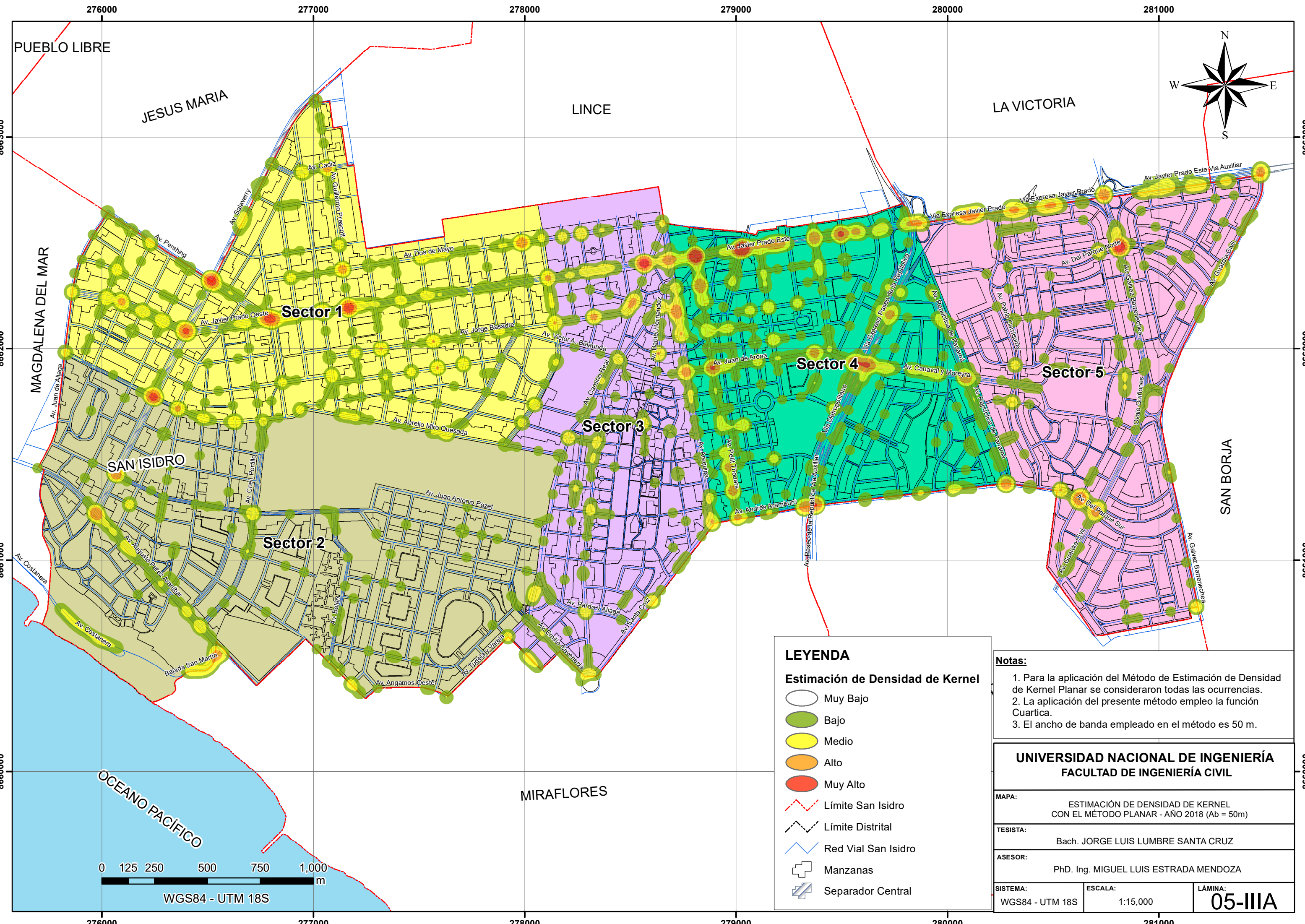
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 05-IID



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

--- Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2018 (Ab = 50m)

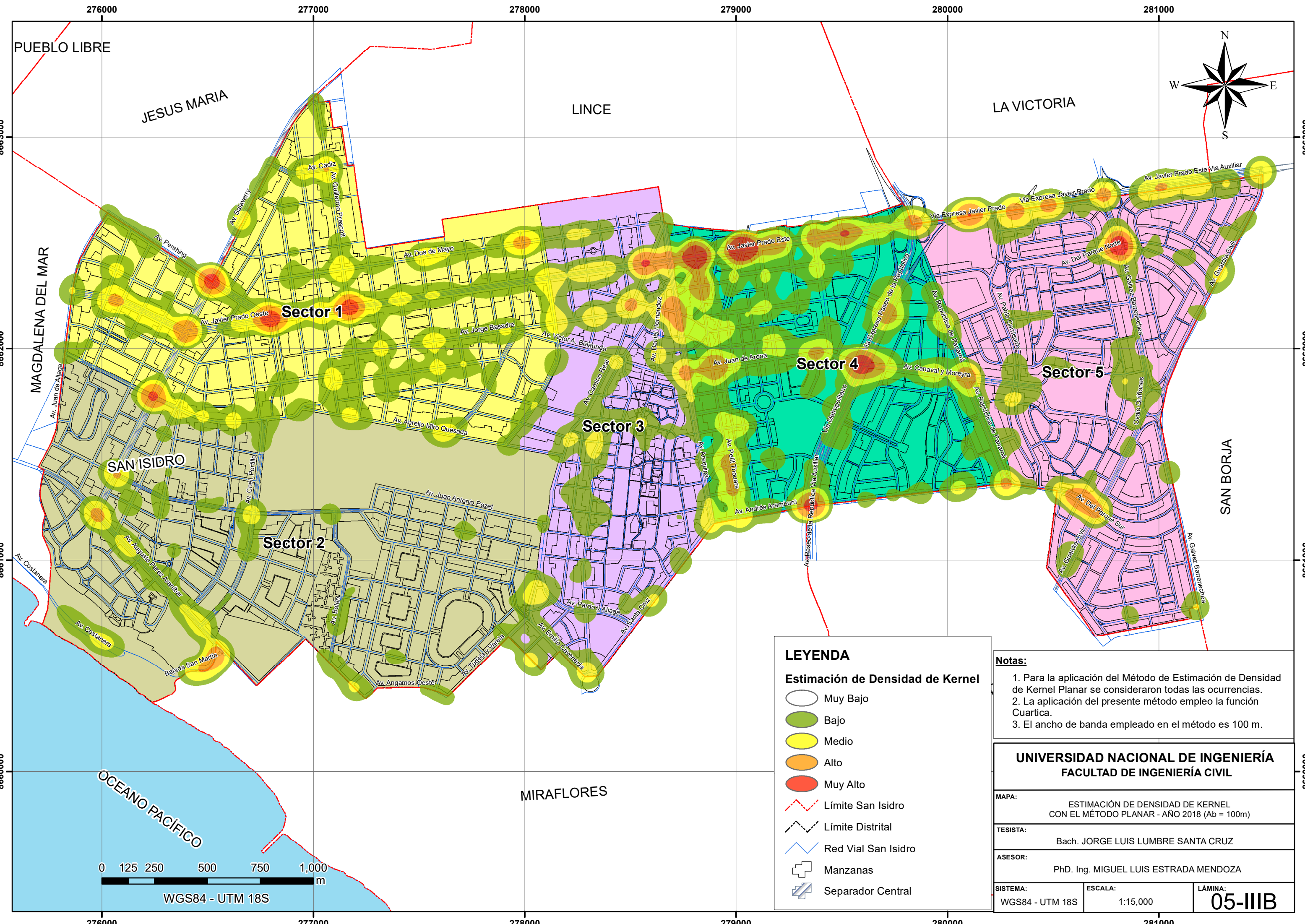
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 05-IIIA



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

Red Vial San Isidro

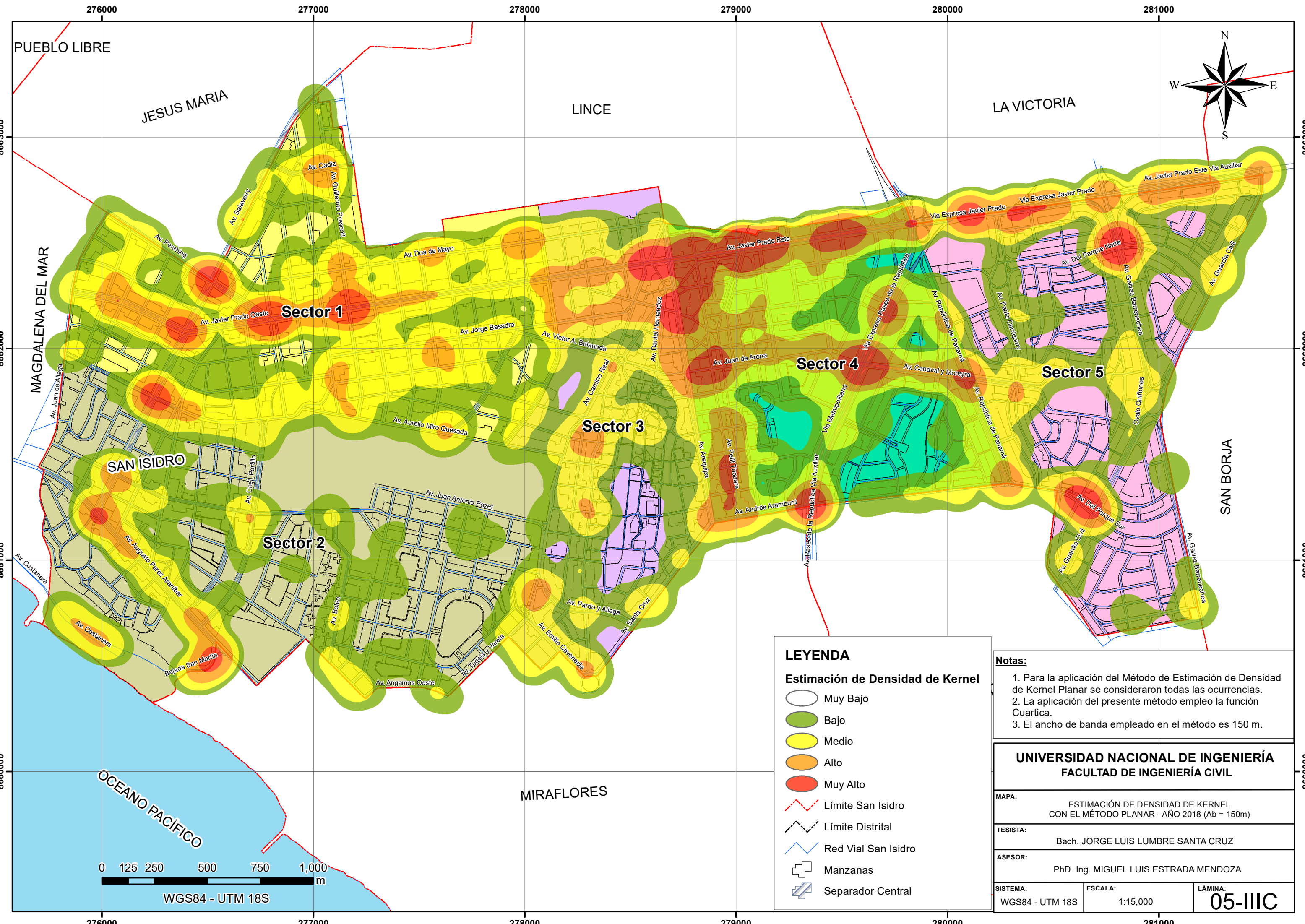
Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2018 (Ab = 100m)	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	05-IIIB



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.

2. La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.

3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2018 (Ab = 150m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

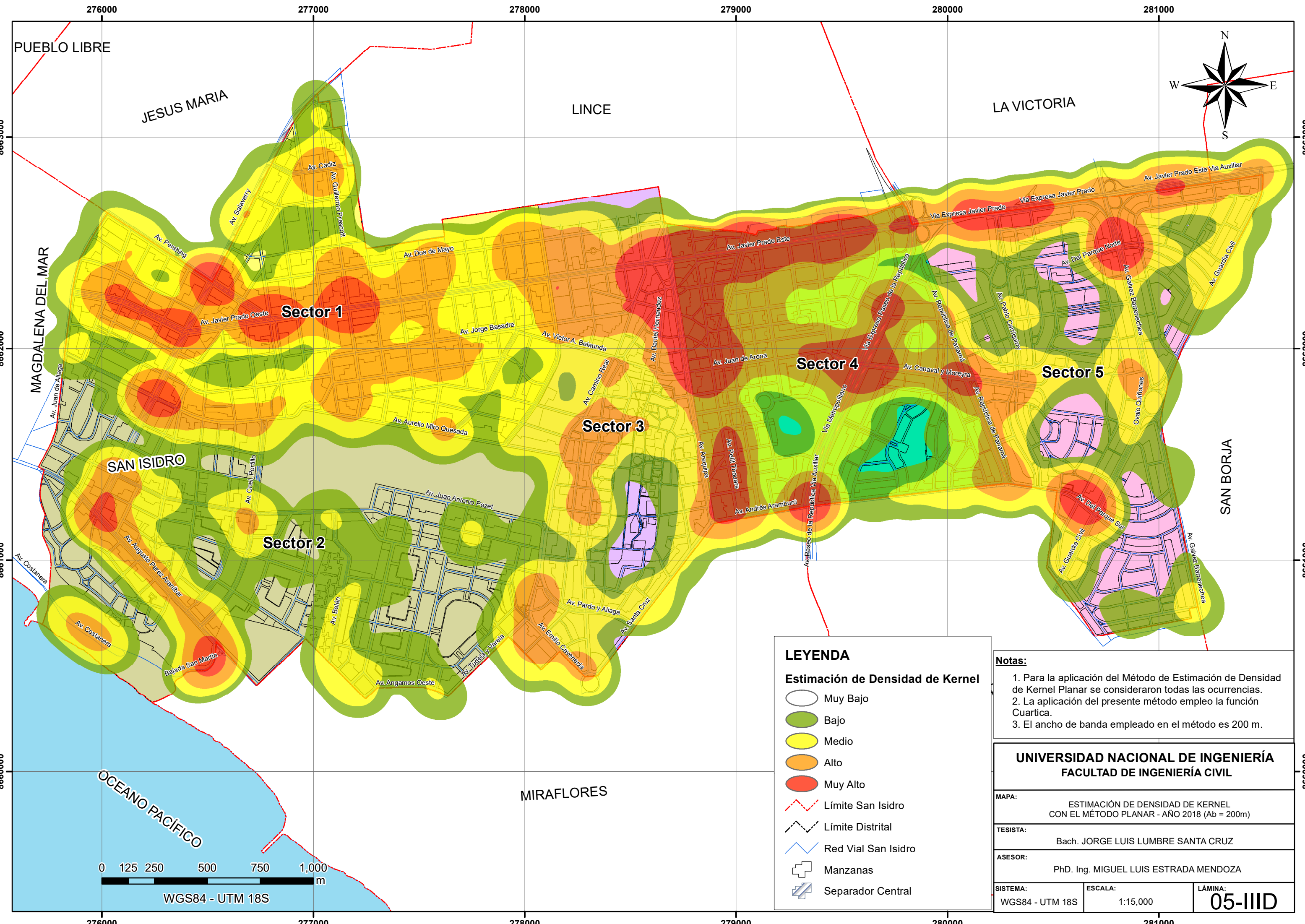
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

05-IIIC



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

Red Vial San Isidro

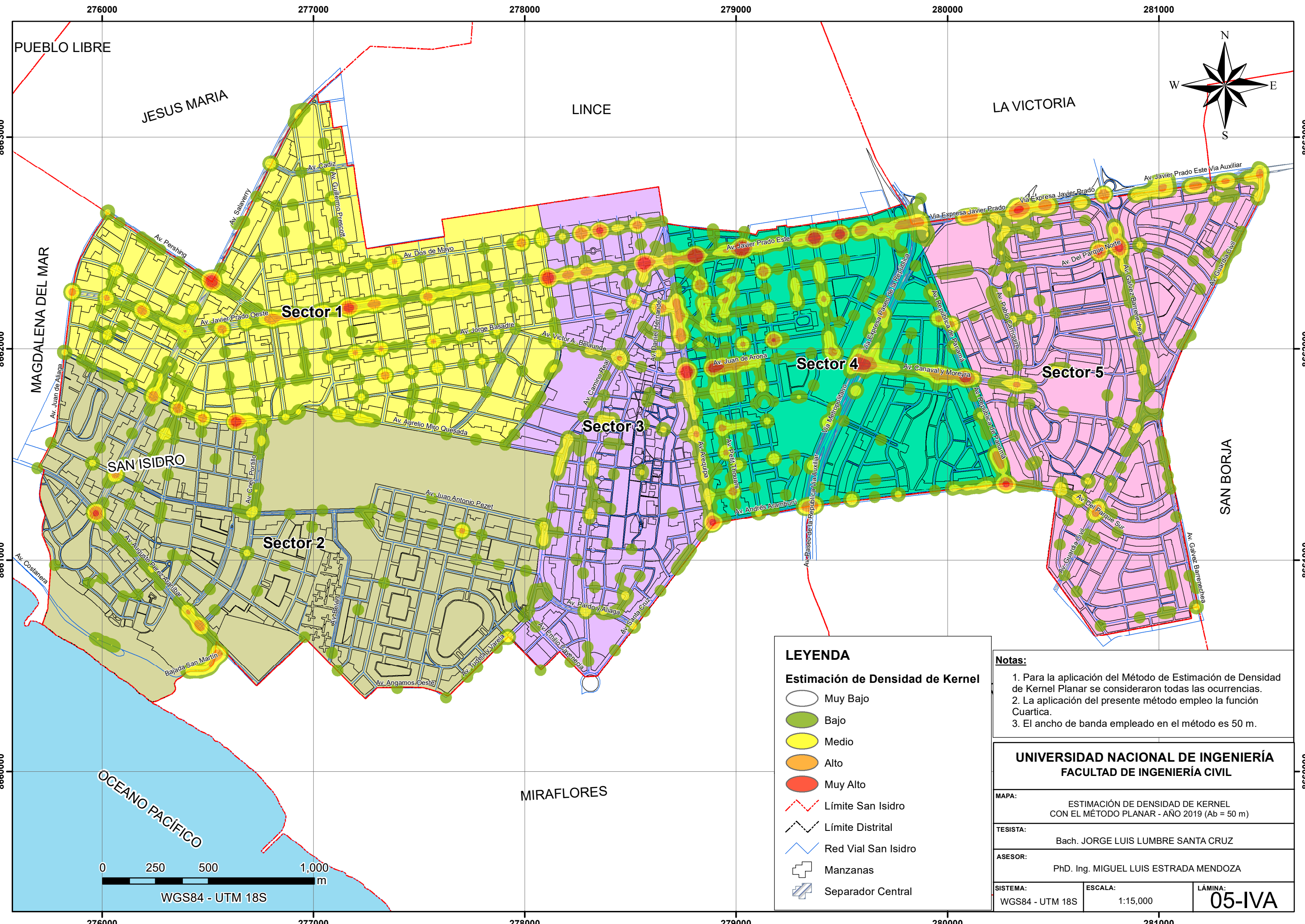
Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
2. La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2018 (Ab = 200m)	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	05-IIID



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

- Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
- La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
- El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

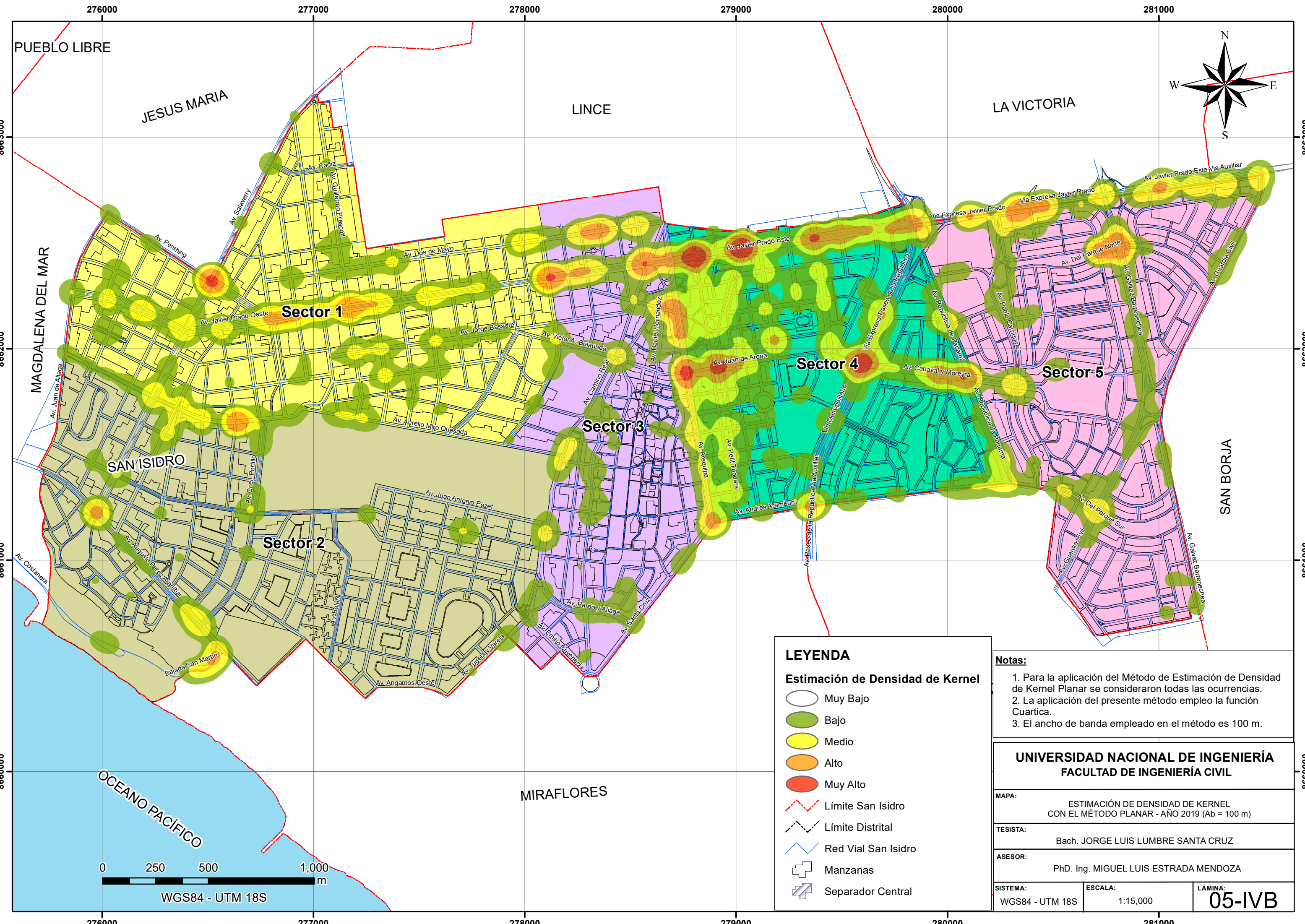
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2019 (Ab = 50 m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S ESCALA: 1:15,000 LÁMINA: 05-IVA



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

- Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
- La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
- El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

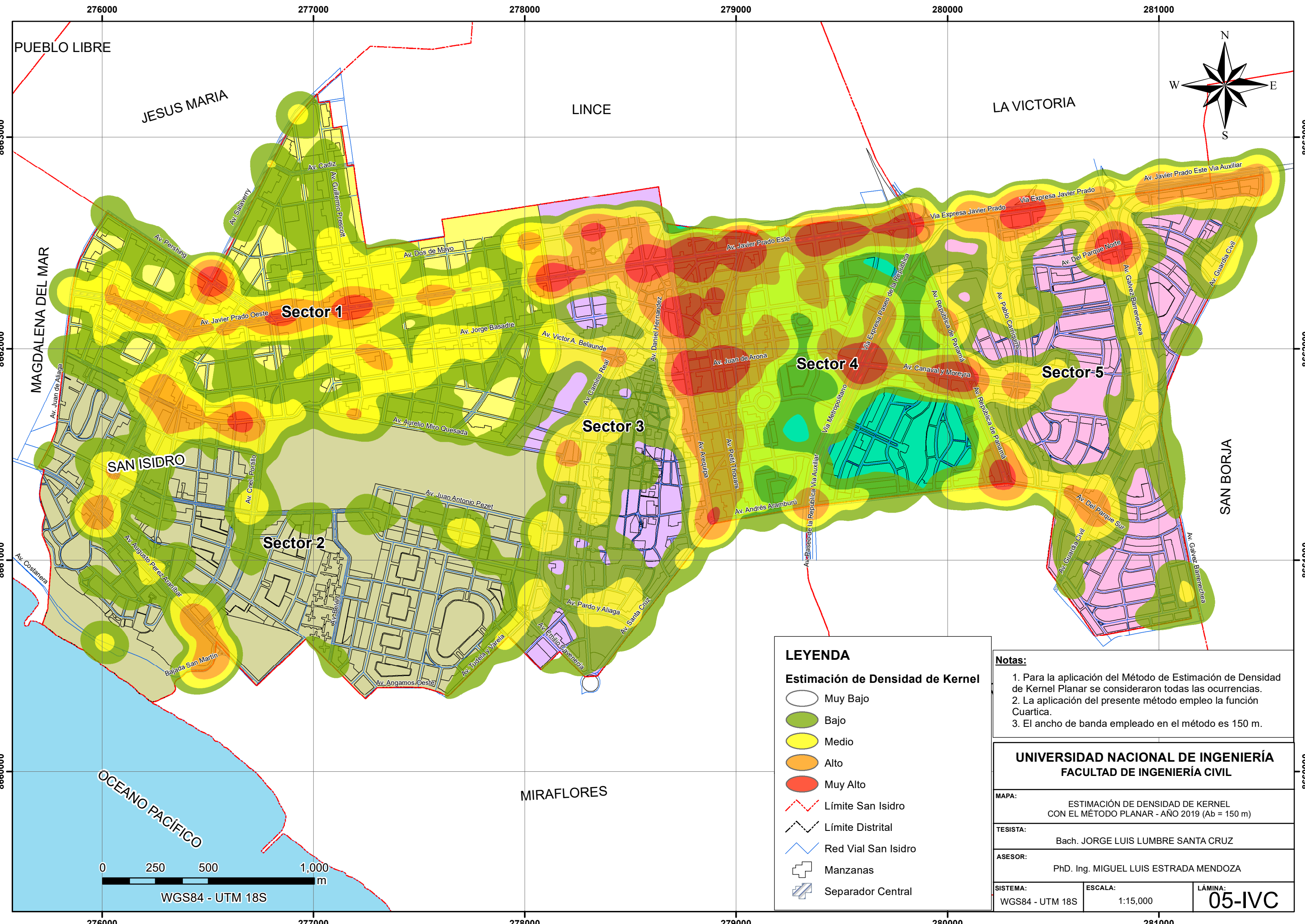
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2019 (Ab = 100 m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S ESCALA: 1:15,000 LÁMINA: 05-IVB



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.

2. La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.

3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2019 (Ab = 150 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

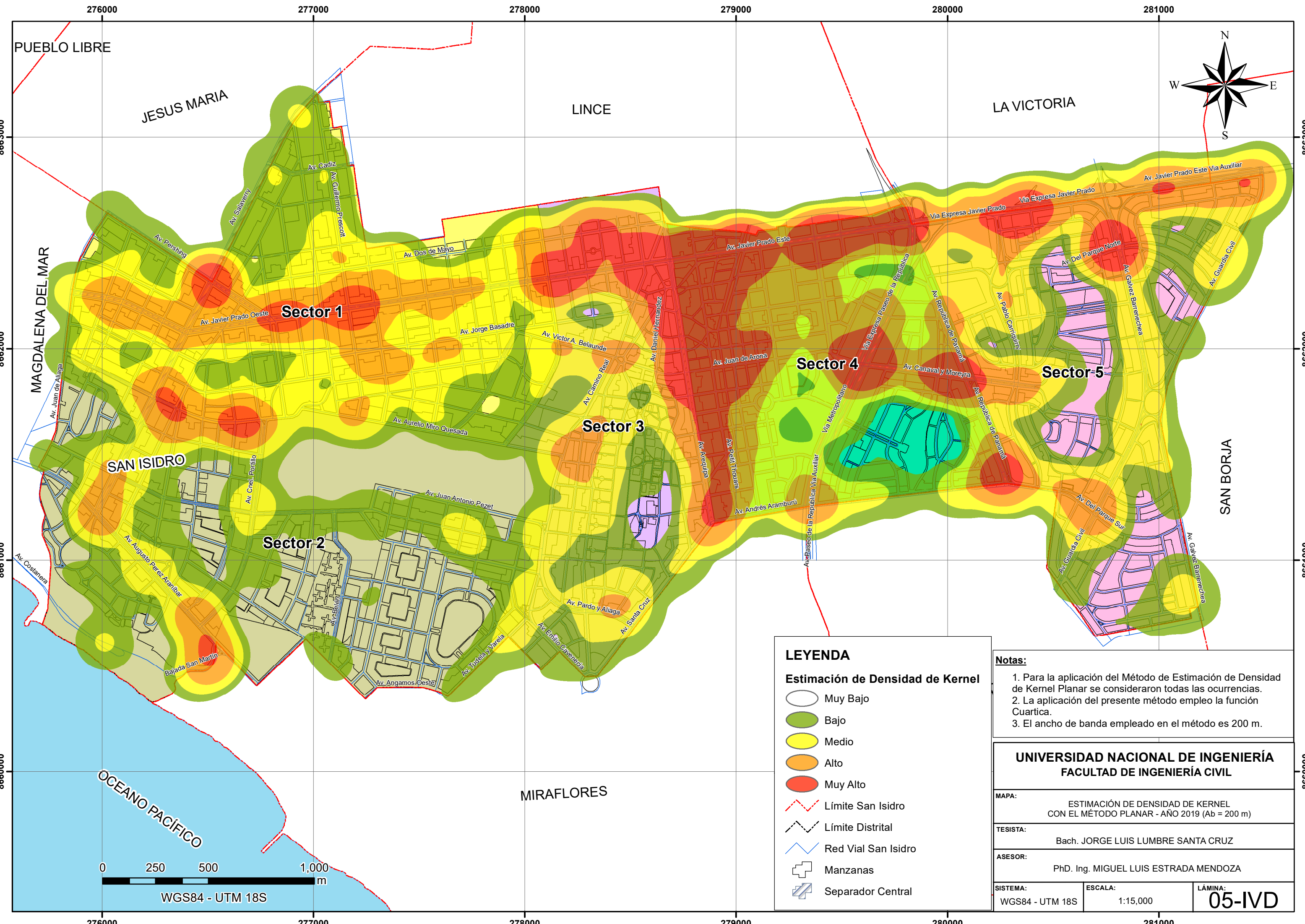
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

05-IVC



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

- Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias.
- La aplicación del presente método empleo la función Cuartica.
- El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - AÑO 2019 (Ab = 200 m)

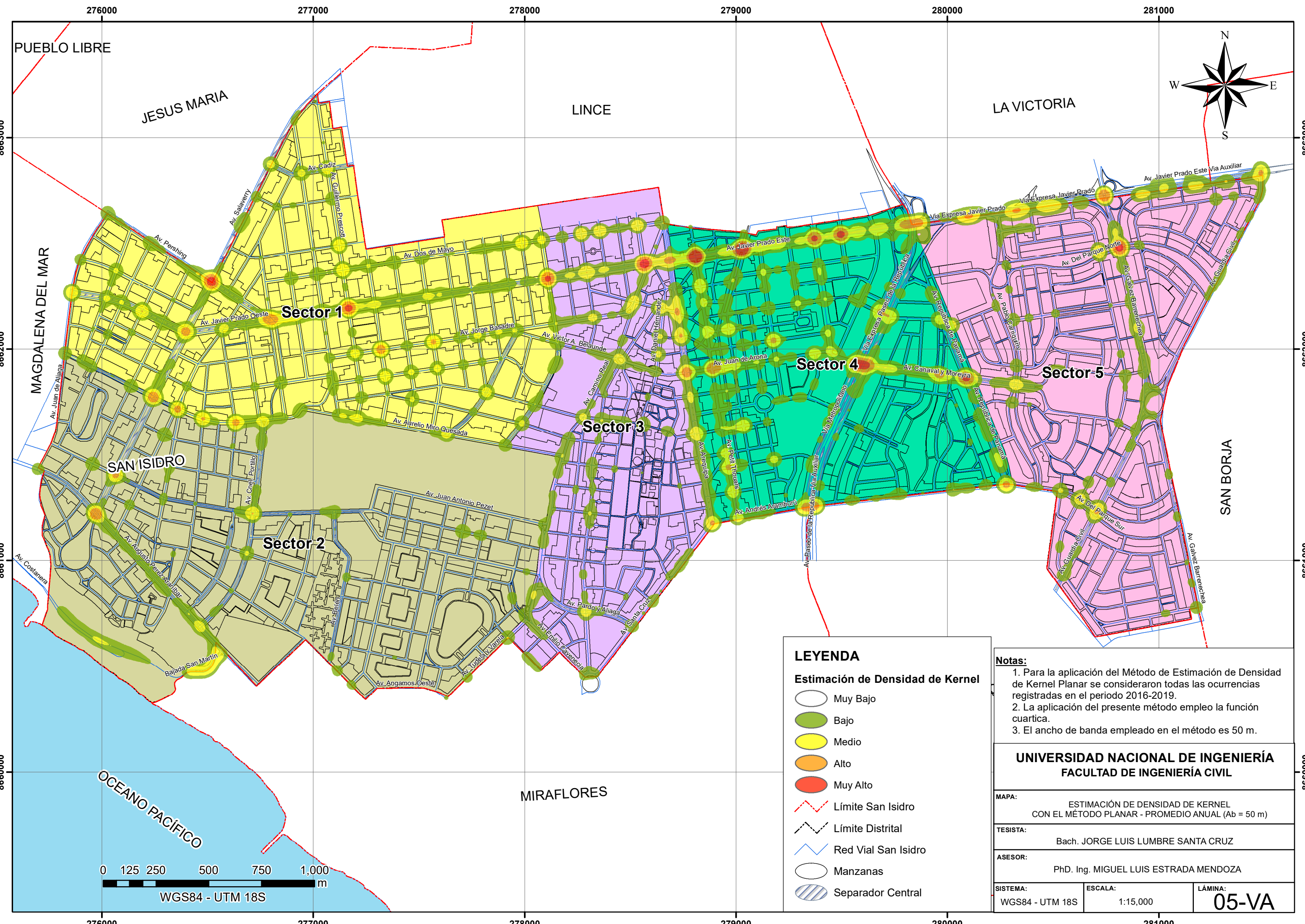
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 05-IVD



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método empleo la función cuartica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

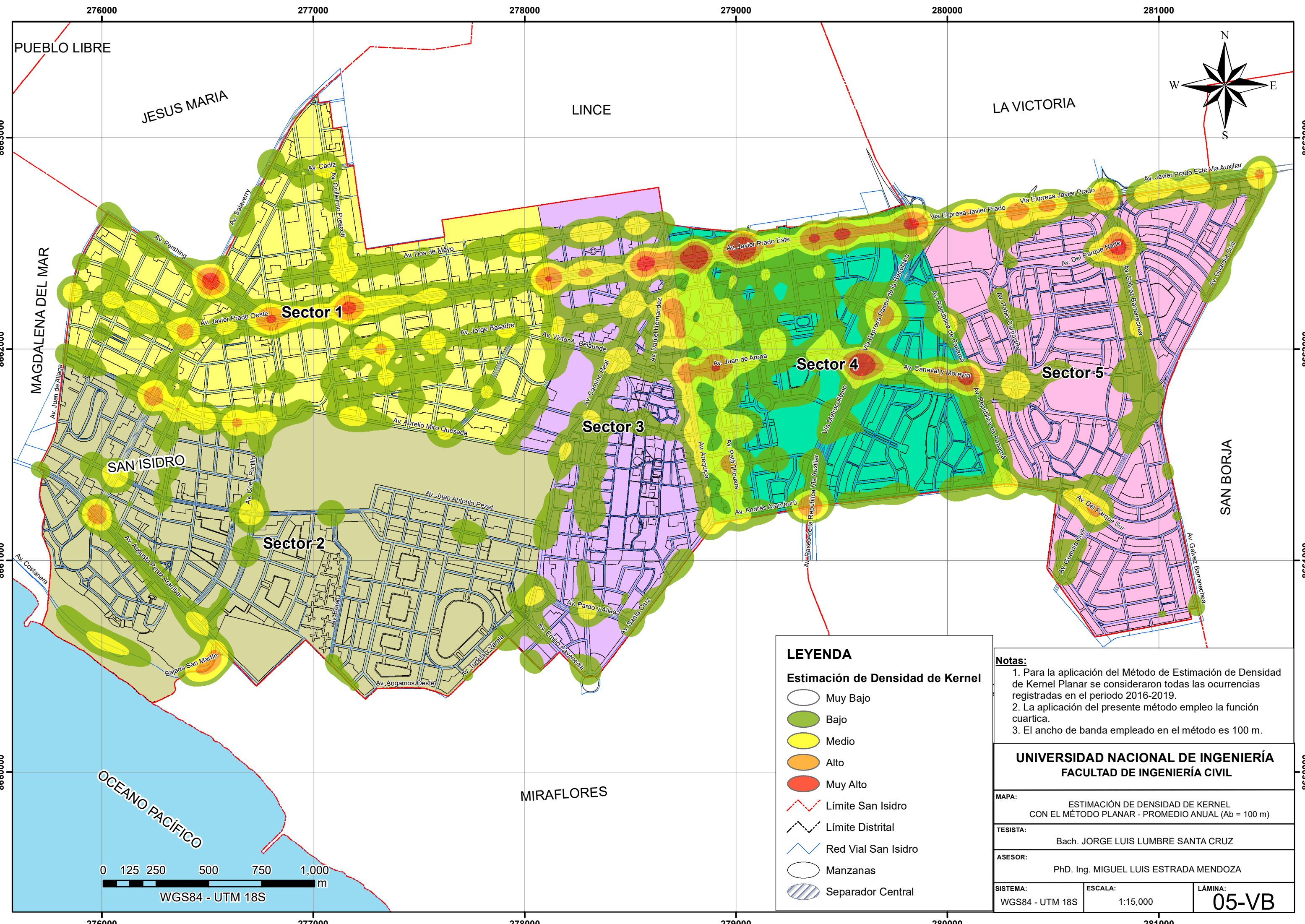
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - PROMEDIO ANUAL (Ab = 50 m)

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S **ESCALA:** 1:15,000 **LÁMINA:** 05-VA



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Notas:

- Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
- La aplicación del presente método empleo la función cuartica.
- El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - PROMEDIO ANUAL (Ab = 100 m)

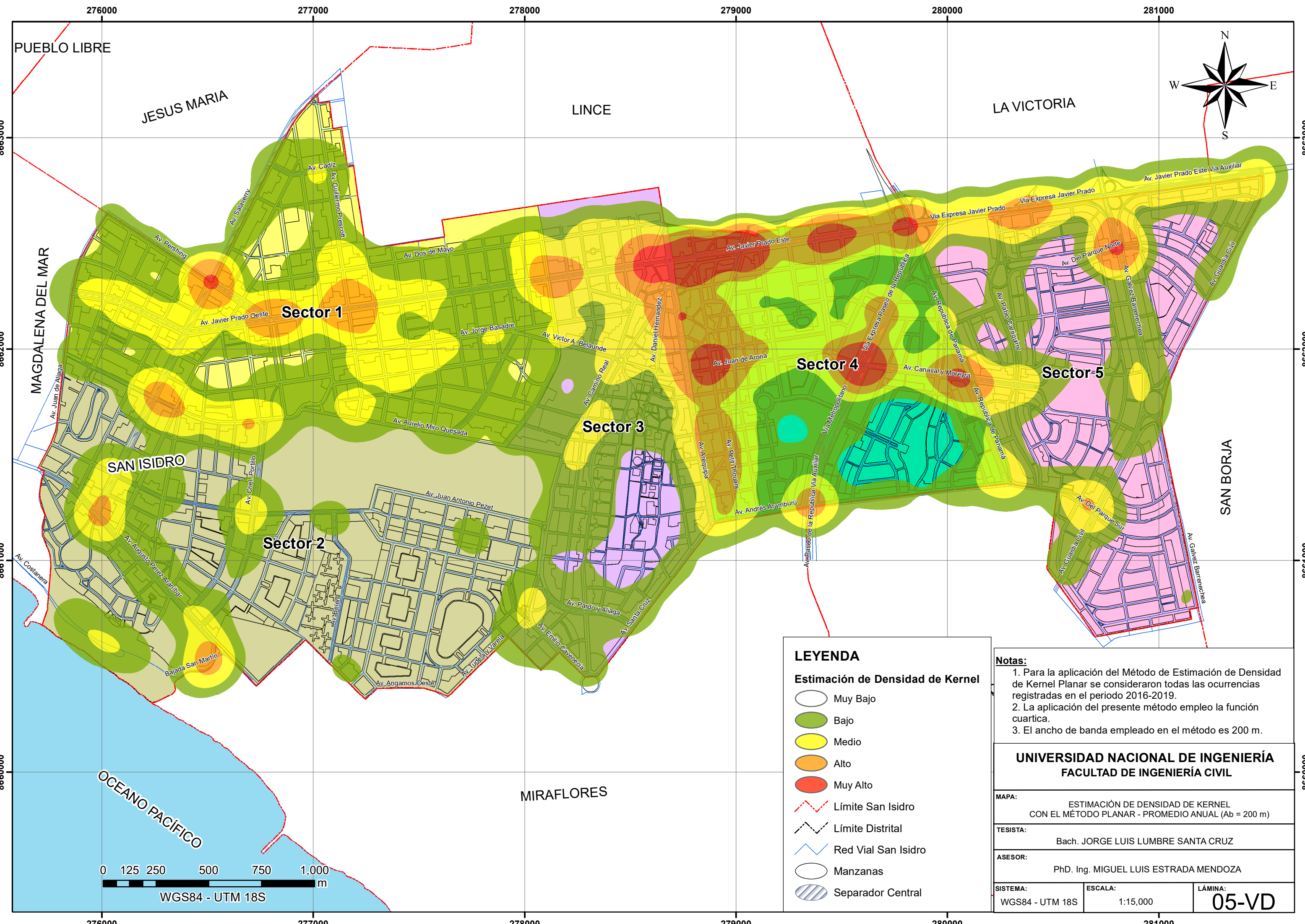
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 05-VB



LEYENDA

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

--- Límite San Isidro

--- Límite Distrital

--- Red Vial San Isidro

○ Manzanas

▨ Separador Central

Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación de Densidad de Kernel Planar se consideraron todas las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método empleo la función cuartica.
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO PLANAR - PROMEDIO ANUAL (Ab = 200 m)

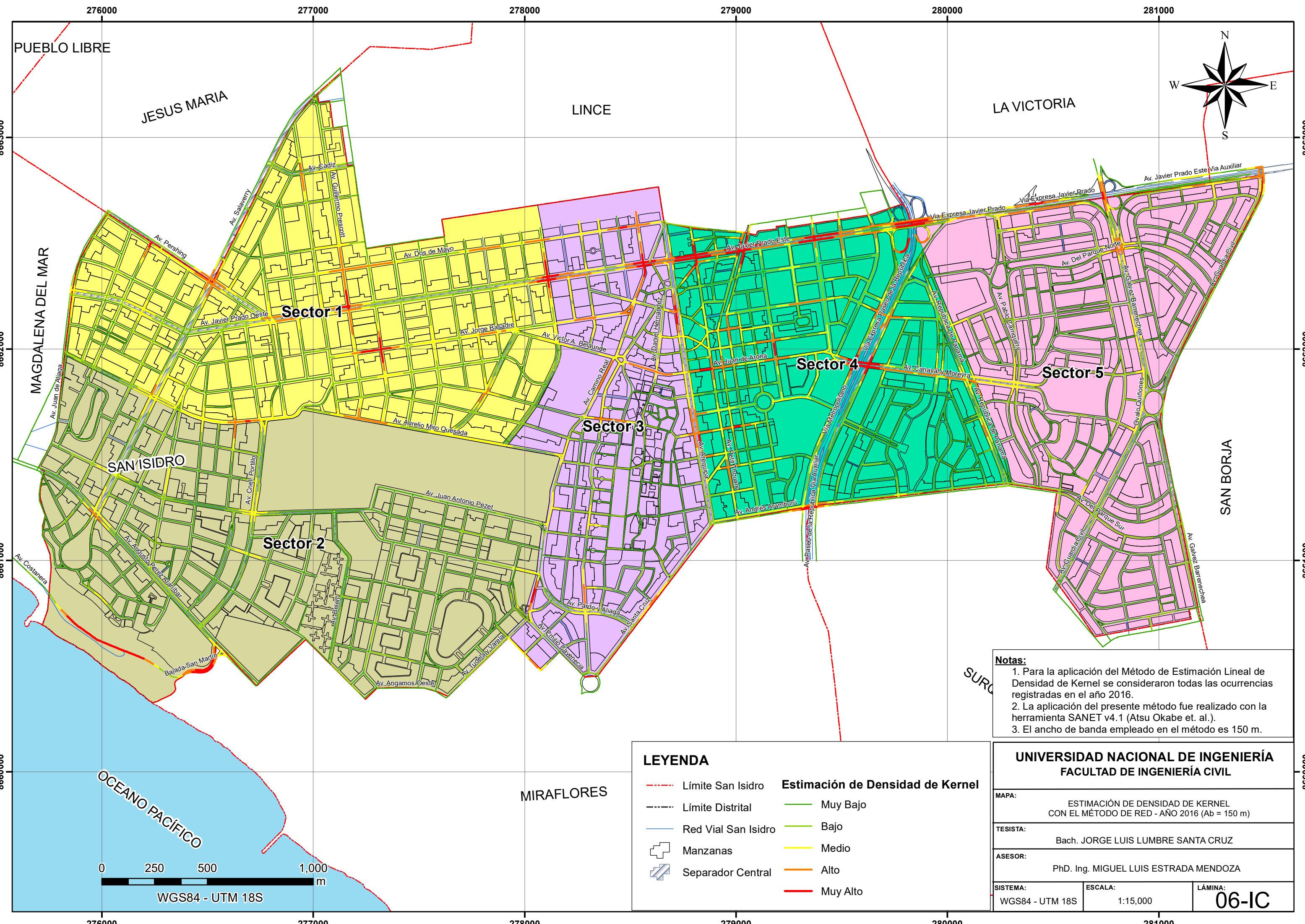
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,000

LÁMINA: 05-VD



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2016.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2016 (Ab = 150 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

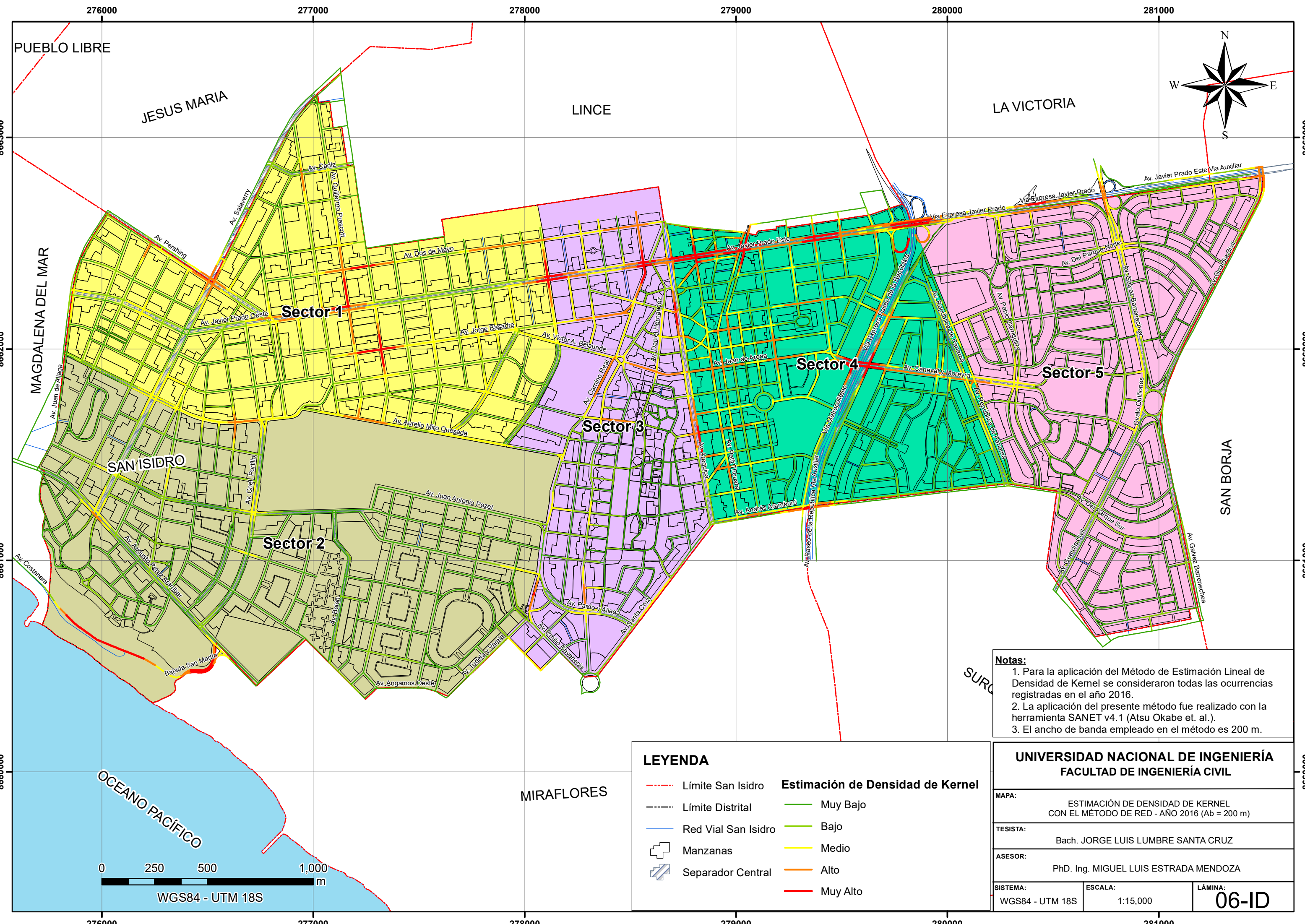
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IC



Notas:

- 1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2016.
- 2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
- 3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2016 (Ab = 200 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

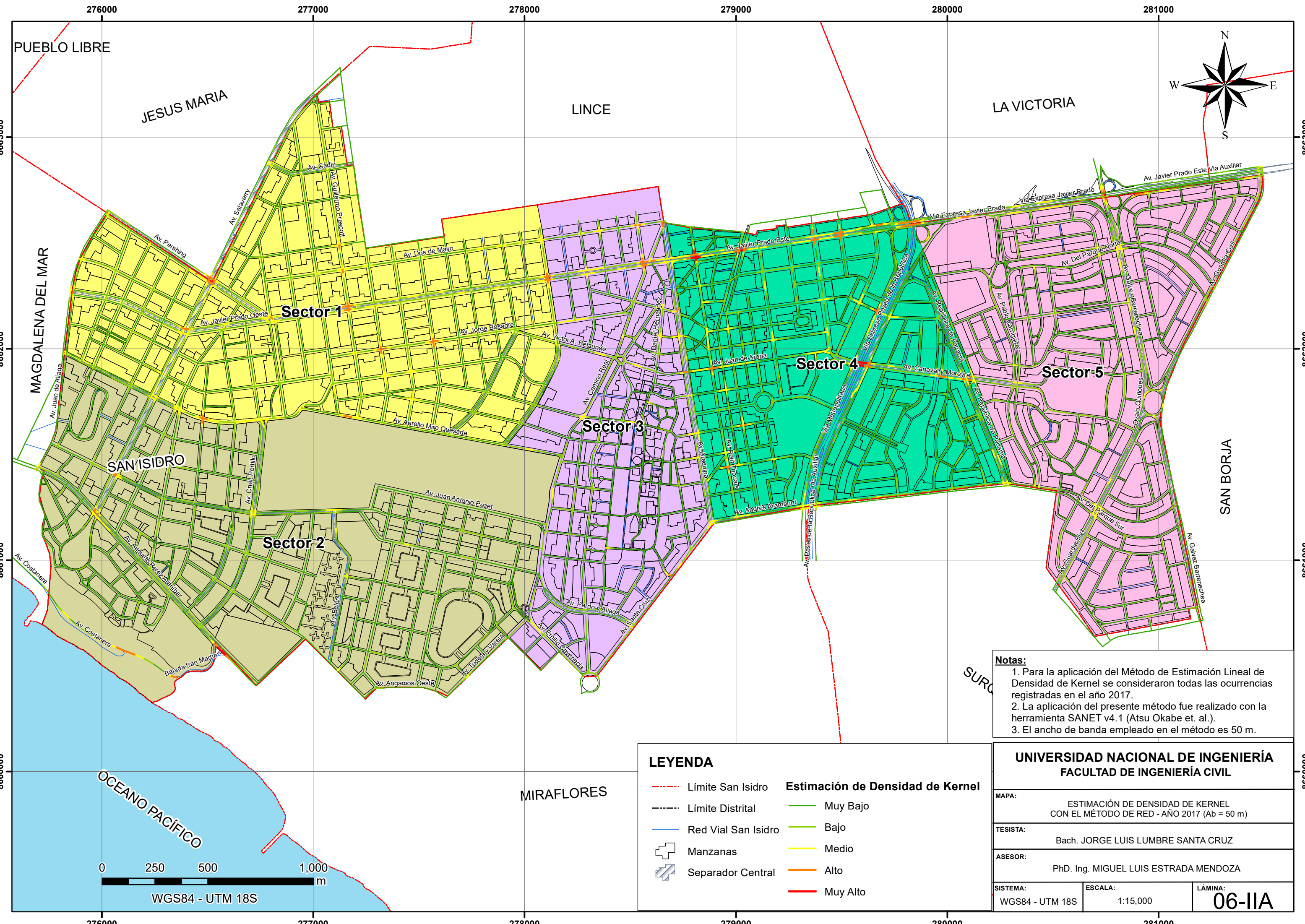
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-ID



Notas:

- 1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2017.
- 2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
- 3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2017 (Ab = 50 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

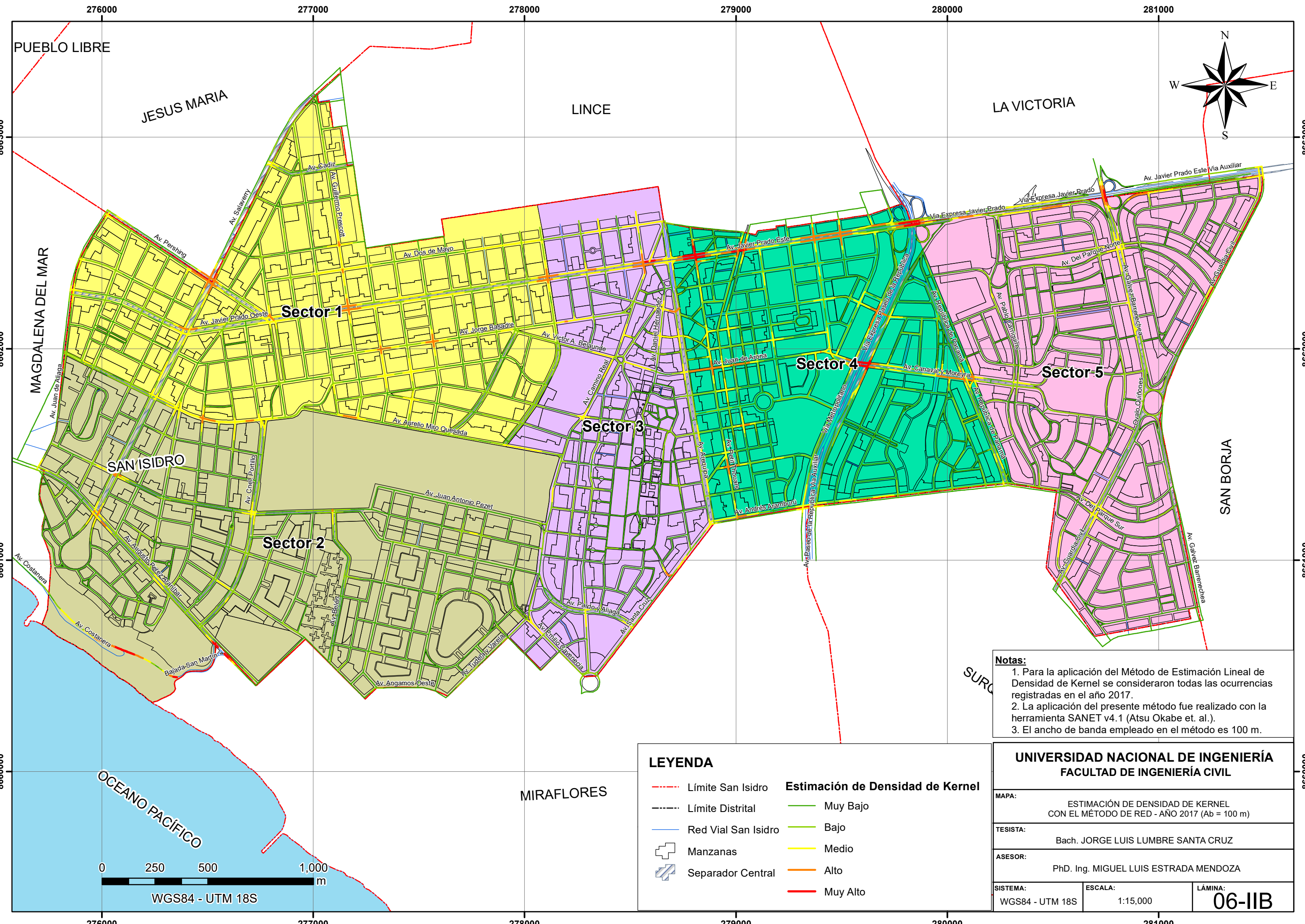
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IIA



Notas:

- 1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2017.
- 2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
- 3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2017 (Ab = 100 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

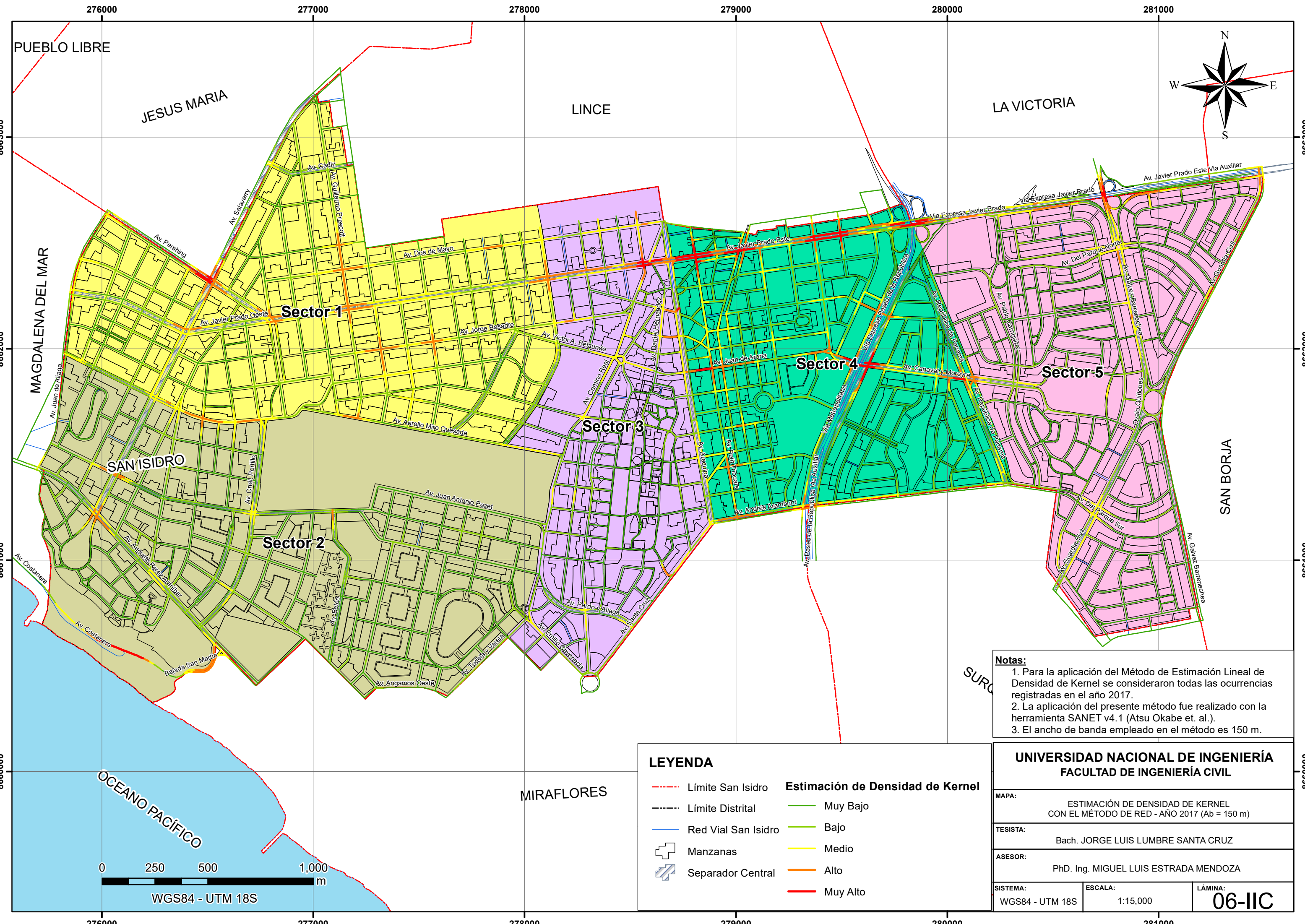
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IIB



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2017.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2017 (Ab = 150 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

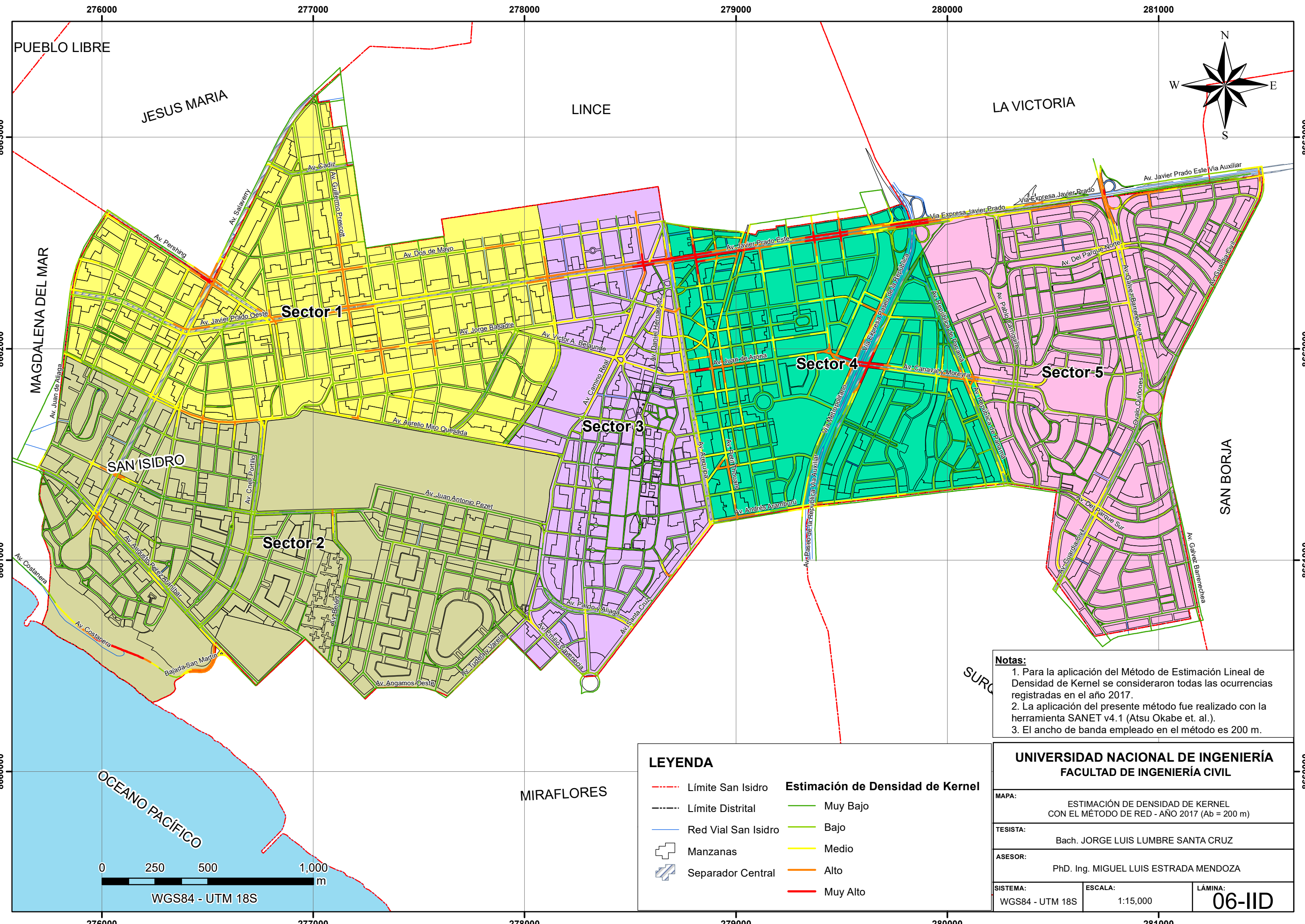
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IIC



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2017.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2017 (Ab = 200 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

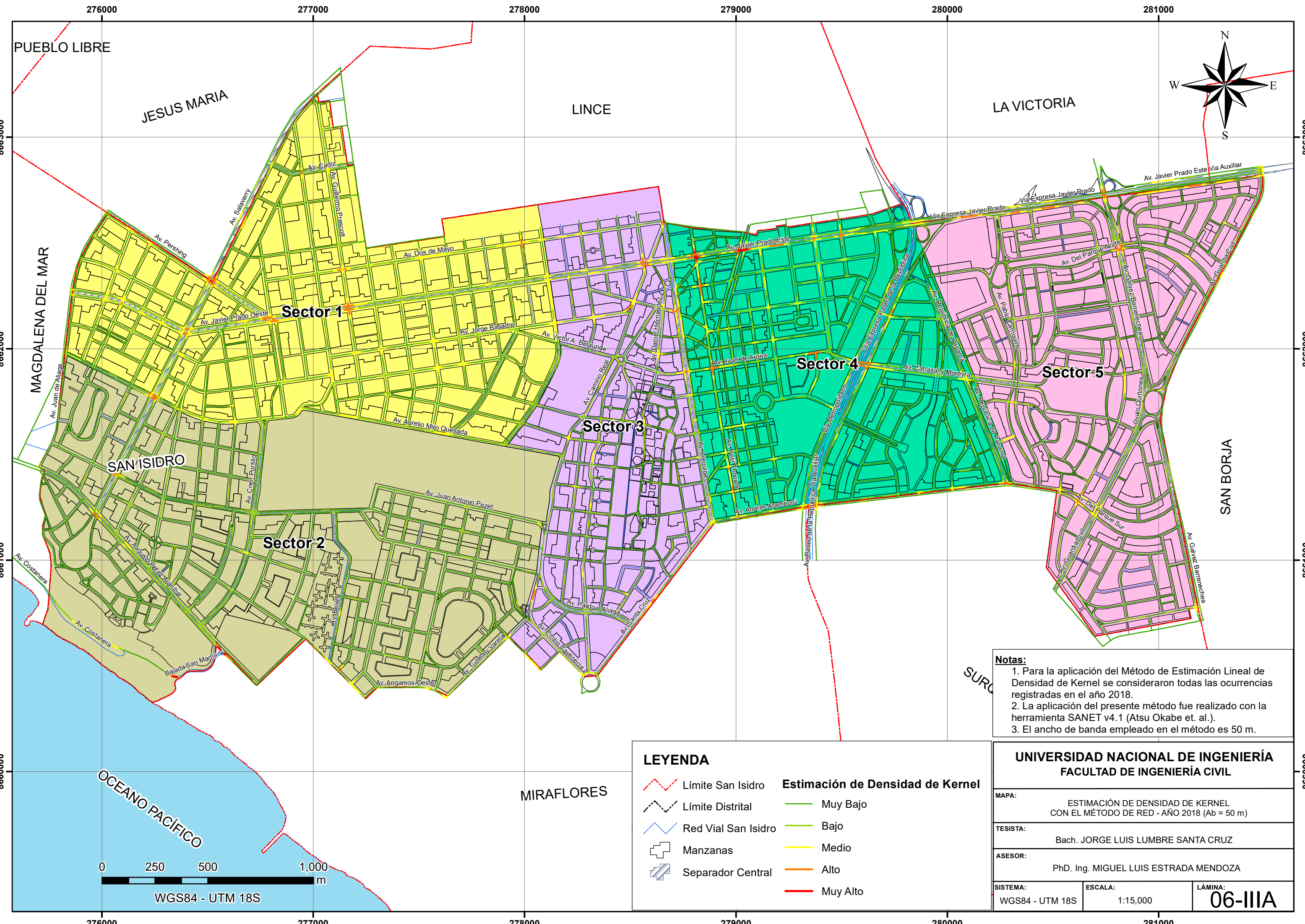
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IID



Notas:

- 1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2018.
- 2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
- 3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2018 (Ab = 50 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

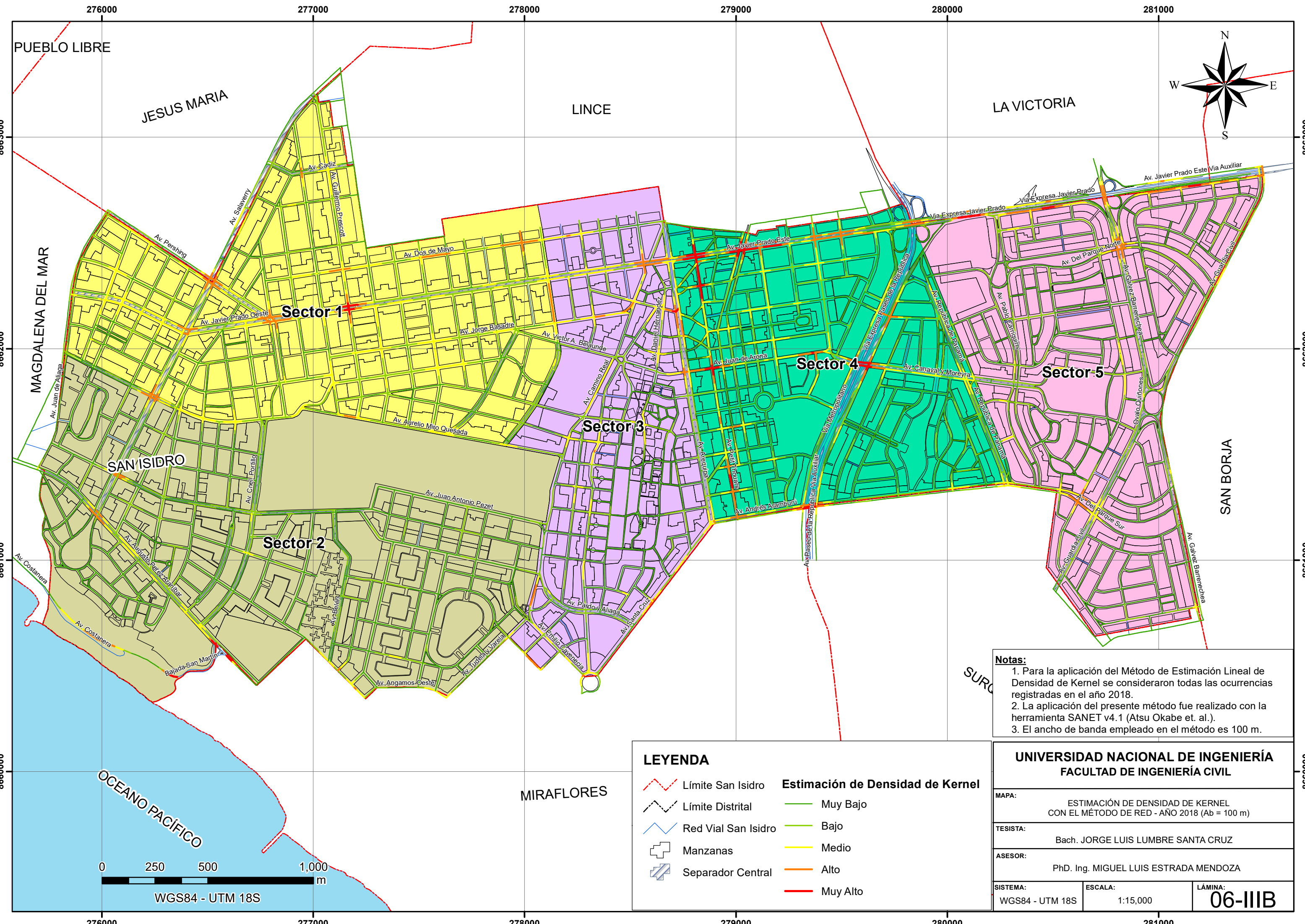
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-III A



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2018.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2018 (Ab = 100 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

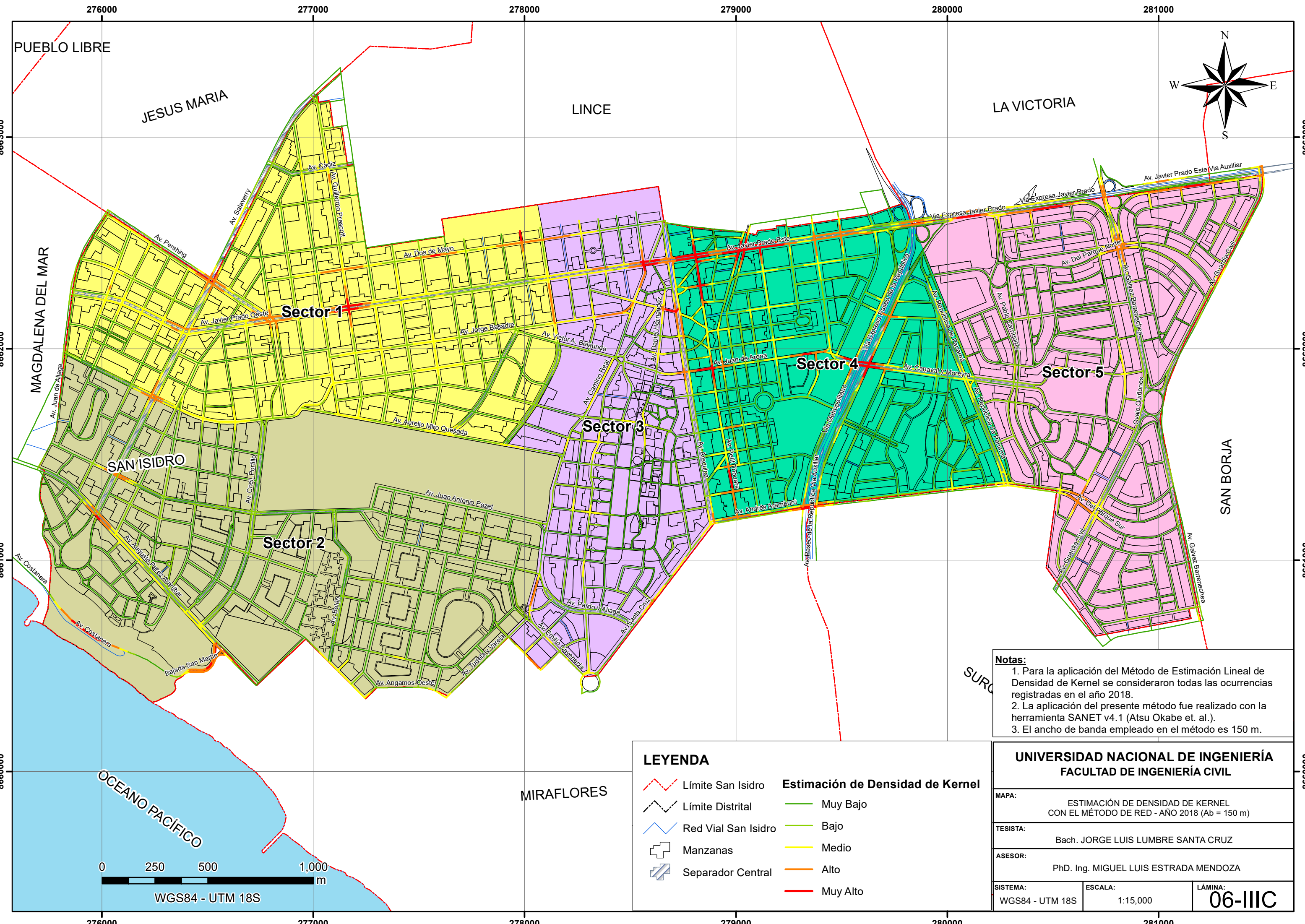
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-III B



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2018.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2018 (Ab = 150 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

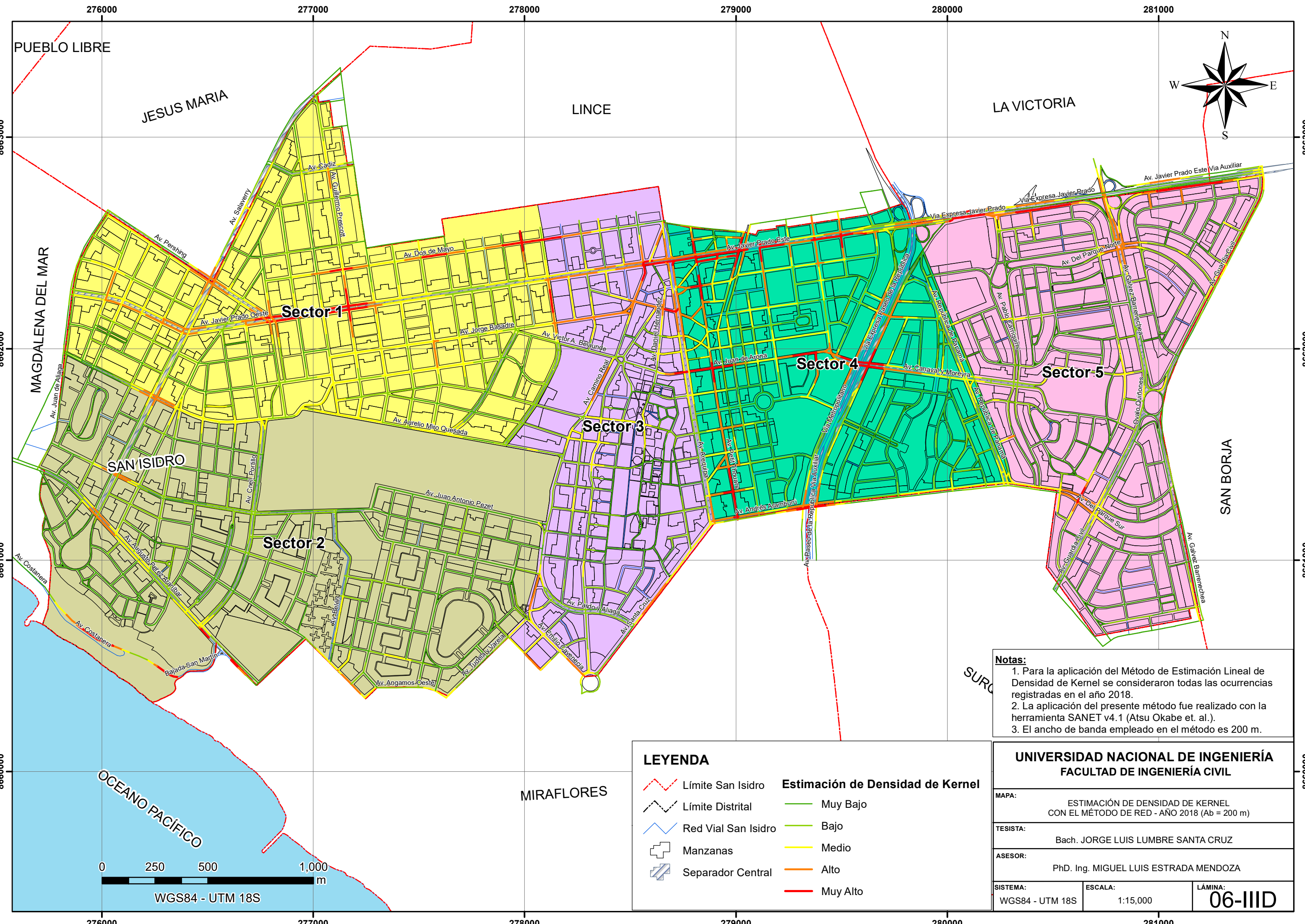
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IIIIC



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2018.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2018 (Ab = 200 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

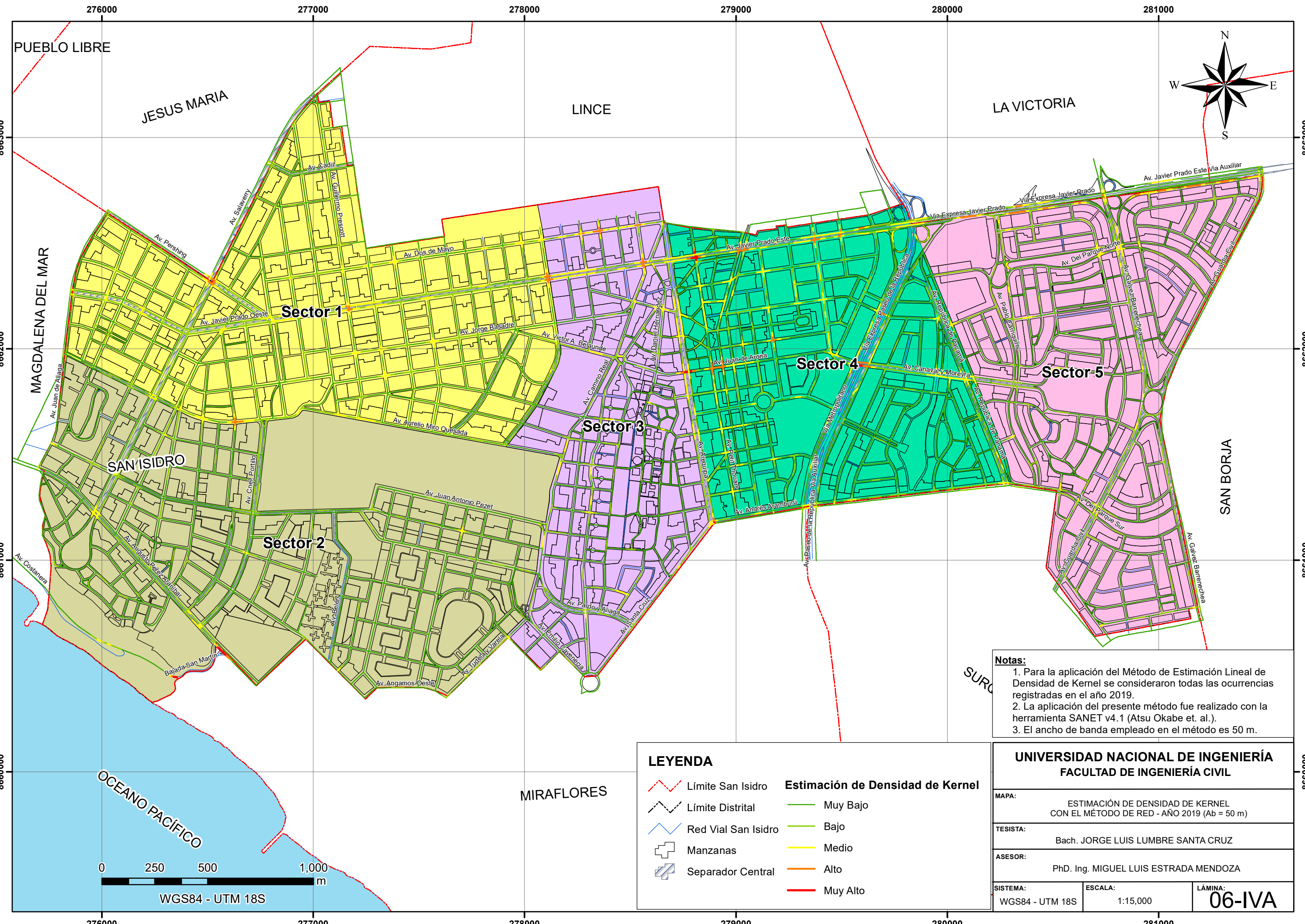
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IIID



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

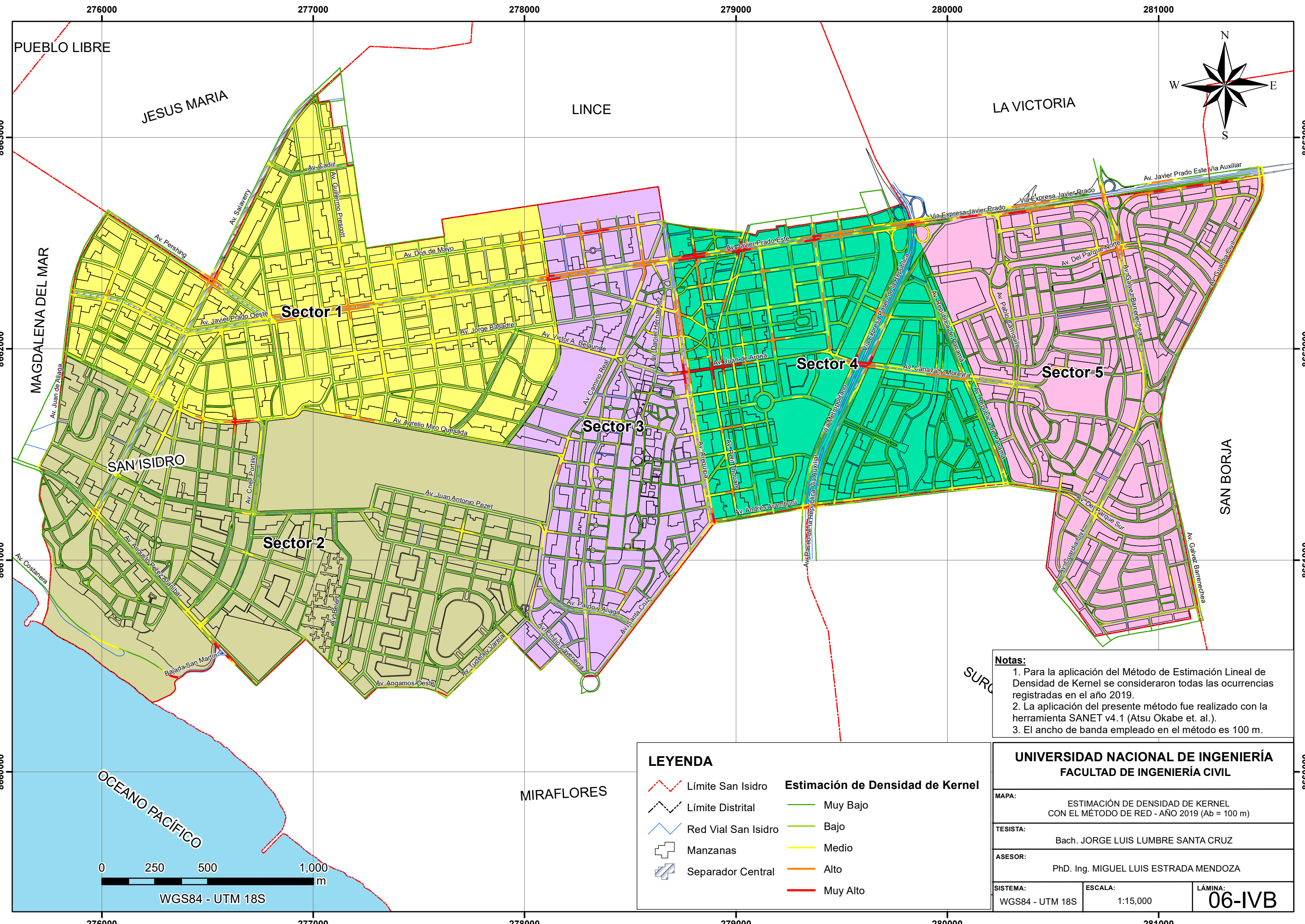
Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2019 (Ab = 50 m)	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	06-IVA



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

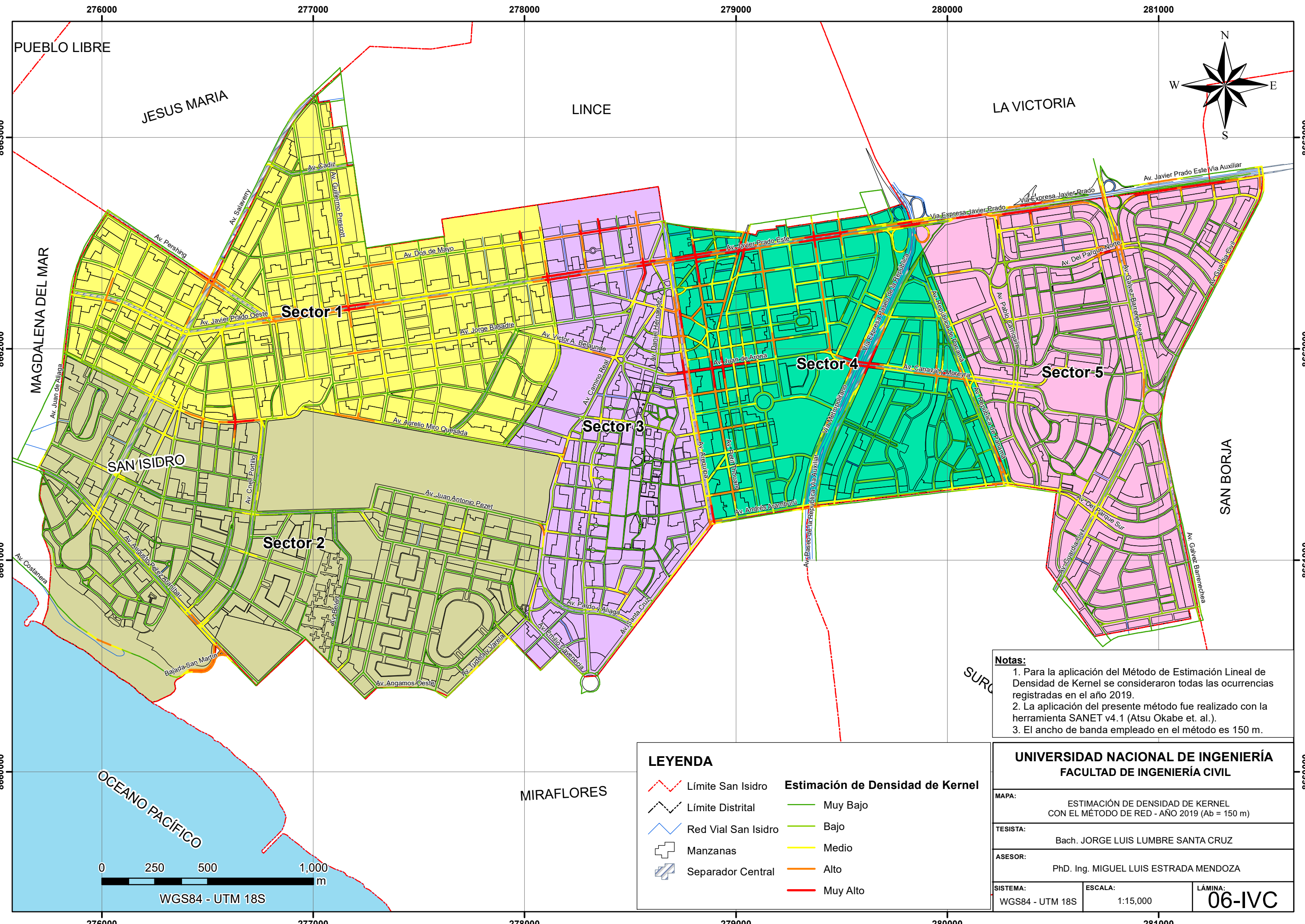
Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2019 (Ab = 100 m)	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	06-IVB



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2019 (Ab = 150 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

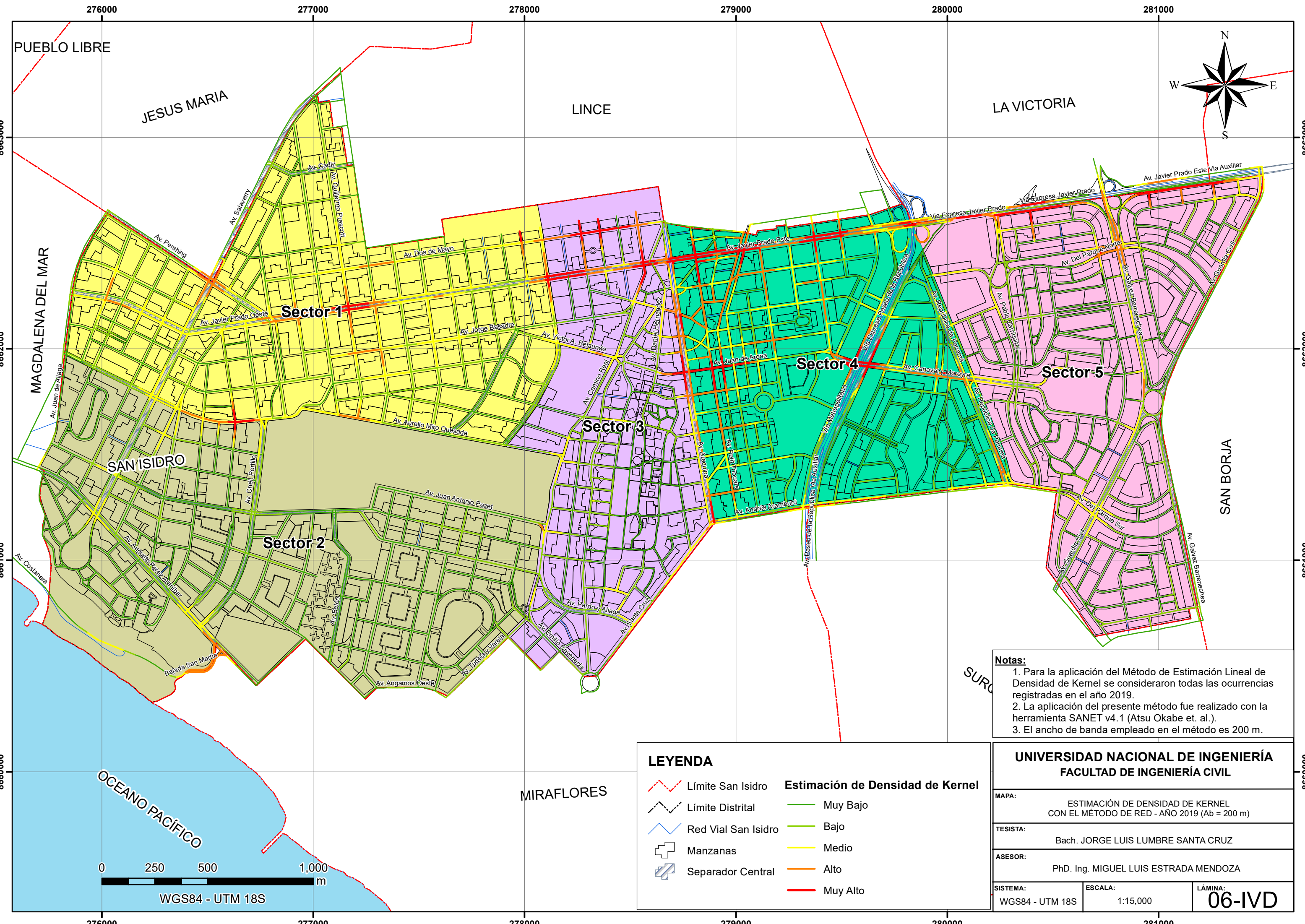
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,000

LÁMINA:

06-IVC



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron todas las ocurrencias registradas en el año 2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

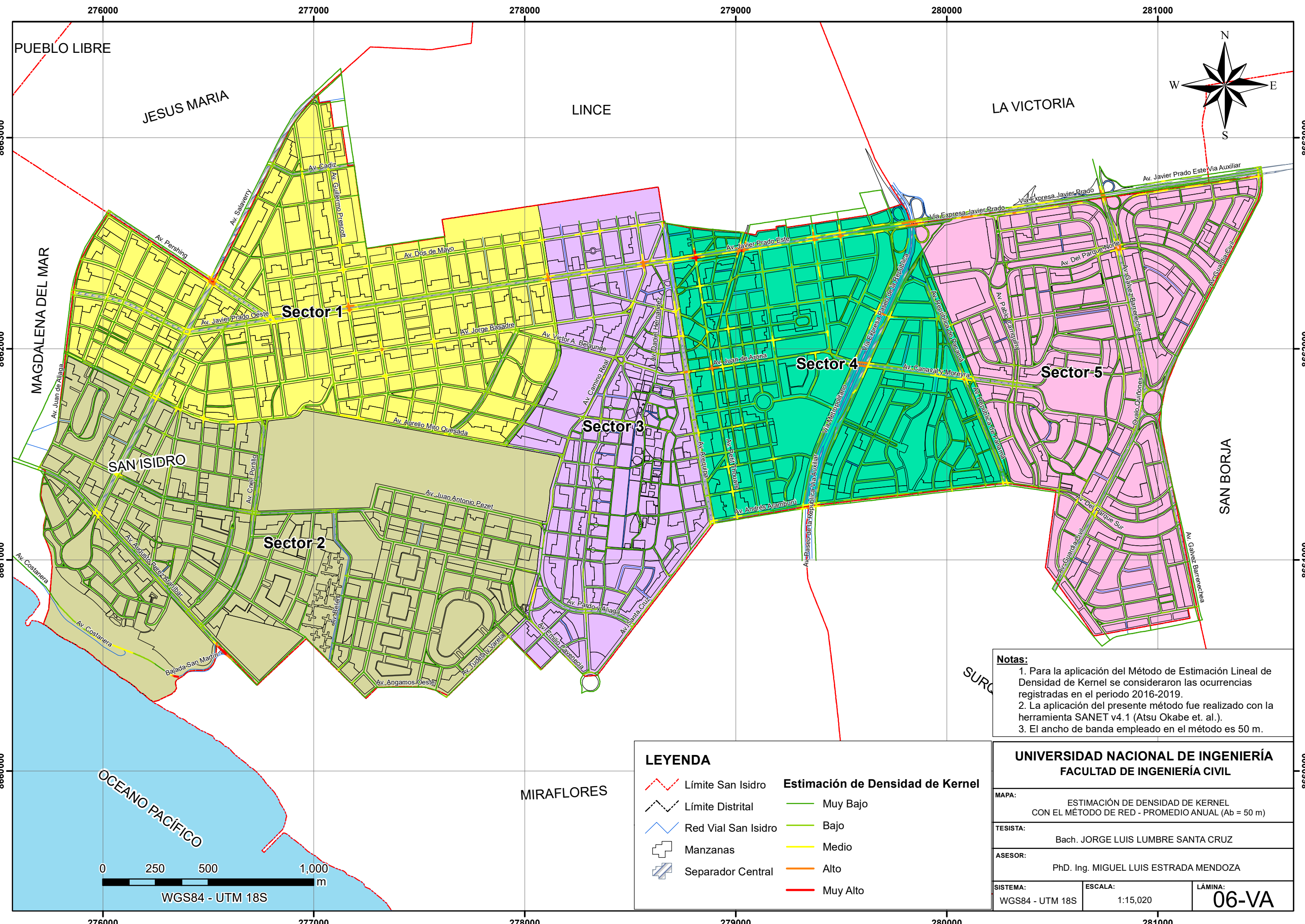
Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL CON EL MÉTODO DE RED - AÑO 2019 (Ab = 200 m)	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:15,000	06-IVD



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 50 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - PROMEDIO ANUAL (Ab = 50 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

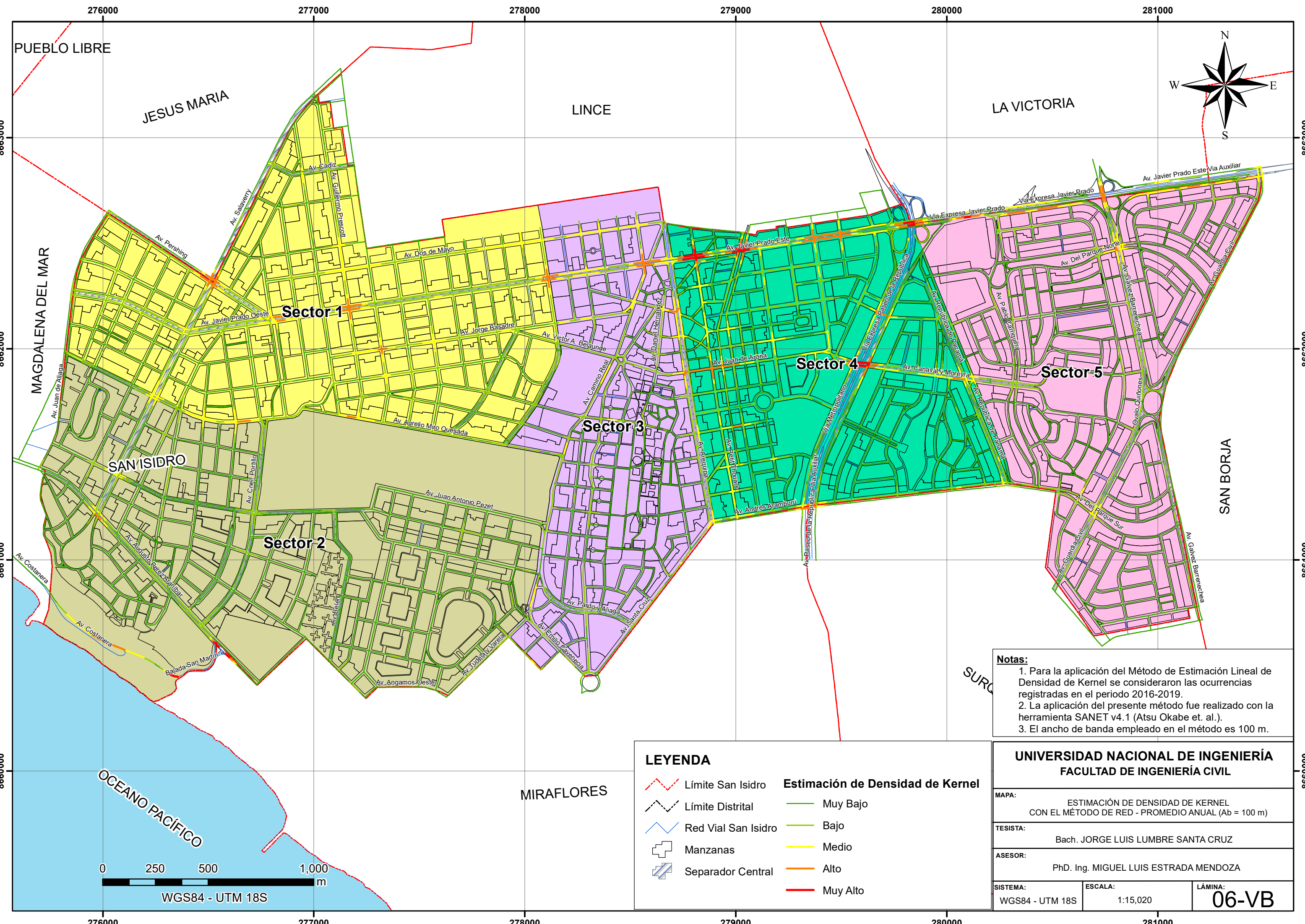
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,020

LÁMINA:

06-VA



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 100 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - PROMEDIO ANUAL (Ab = 100 m)

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

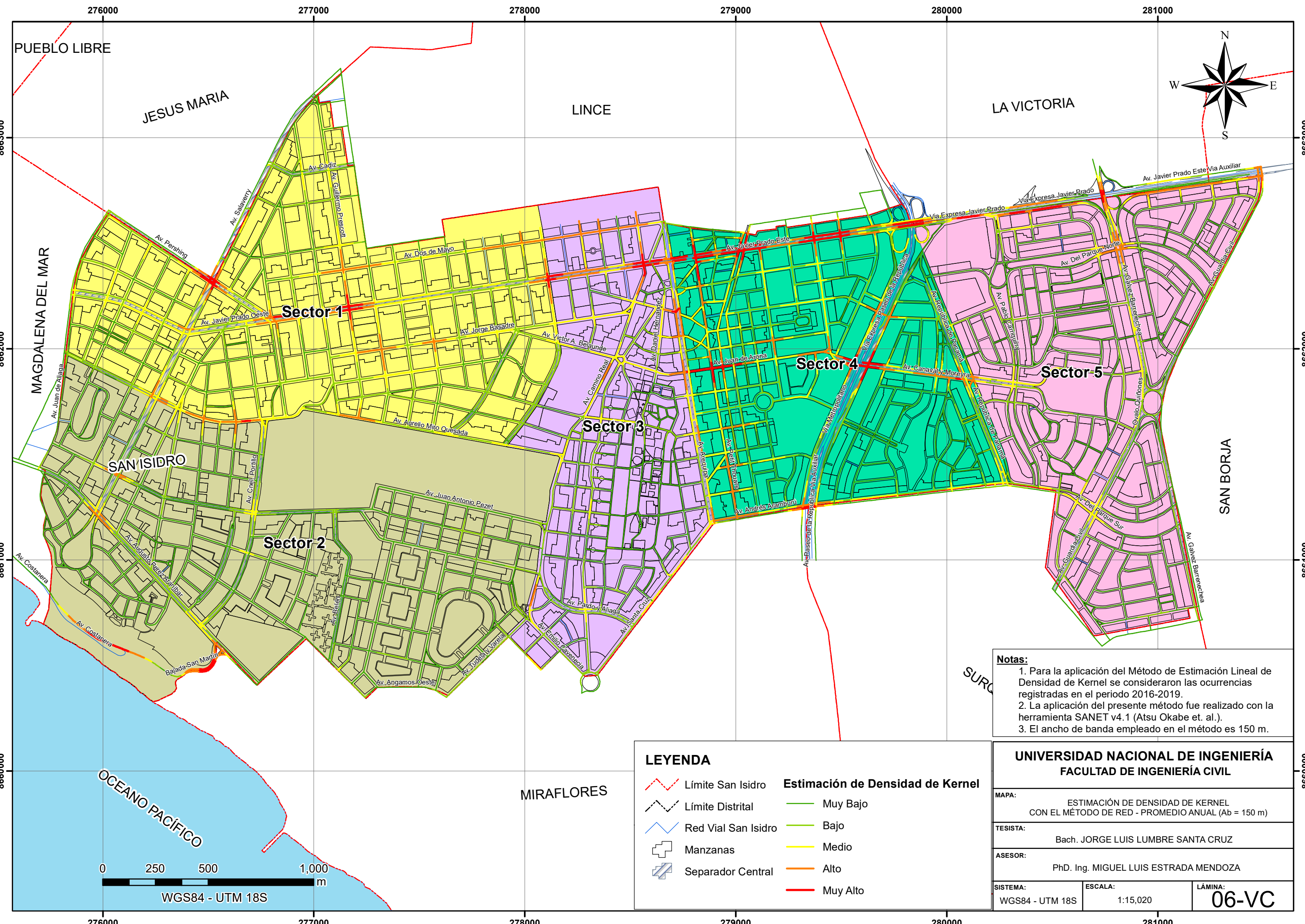
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

1:15,020

LÁMINA:

06-VB



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 150 m.

LEYENDA

Límite San Isidro

Límite Distrital

Red Vial San Isidro

Manzanas

Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - PROMEDIO ANUAL (Ab = 150 m)

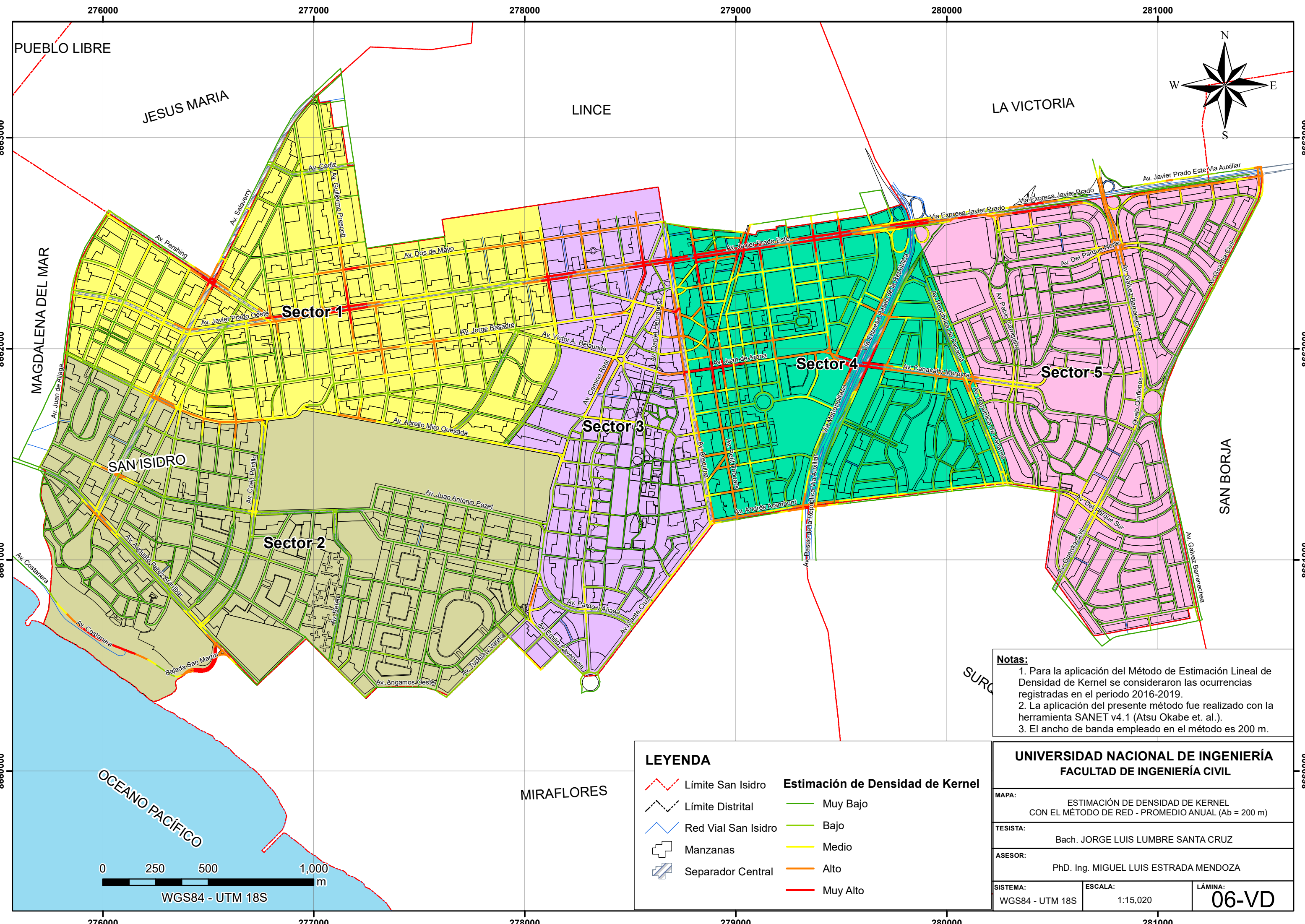
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,020

LÁMINA: 06-VC



Notas:

1. Para la aplicación del Método de Estimación Lineal de Densidad de Kernel se consideraron las ocurrencias registradas en el periodo 2016-2019.
2. La aplicación del presente método fue realizado con la herramienta SANET v4.1 (Atsu Okabe et. al.).
3. El ancho de banda empleado en el método es 200 m.

LEYENDA

- Límite San Isidro
- Límite Distrital
- Red Vial San Isidro
- Manzanas
- Separador Central

Estimación de Densidad de Kernel

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD DE KERNEL
CON EL MÉTODO DE RED - PROMEDIO ANUAL (Ab = 200 m)

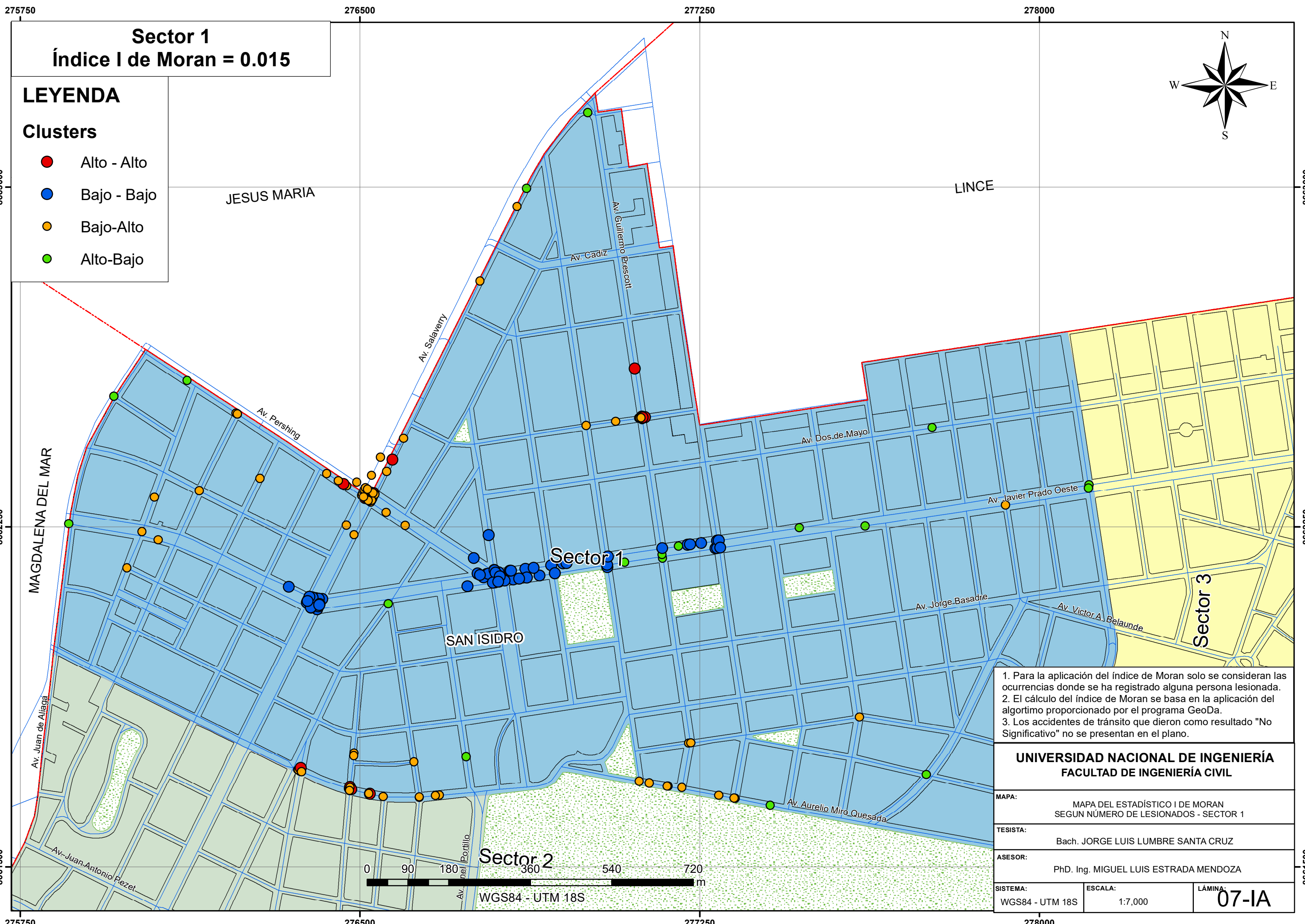
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:15,020

LÁMINA: 06-VD



275750

276500

277250

278000

8663000

8663000

8662250

8662250

8661500

8661500

275750

276500

277250

278000

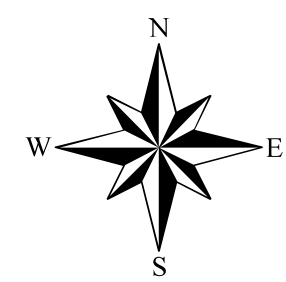
Sector 1

Índice I de Moran = 0.015

LEYENDA

Clusters

- Alto - Alto
- Bajo - Bajo
- Bajo-Alto
- Alto-Bajo



JESUS MARIA

LINCE

MAGDALENA DEL MAR

SAN ISIDRO

Sector 1

Sector 3

Sector 2



WGS84 - UTM 18S

1. Para la aplicación del índice de Moran solo se consideran las ocurrencias donde se ha registrado alguna persona lesionada.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

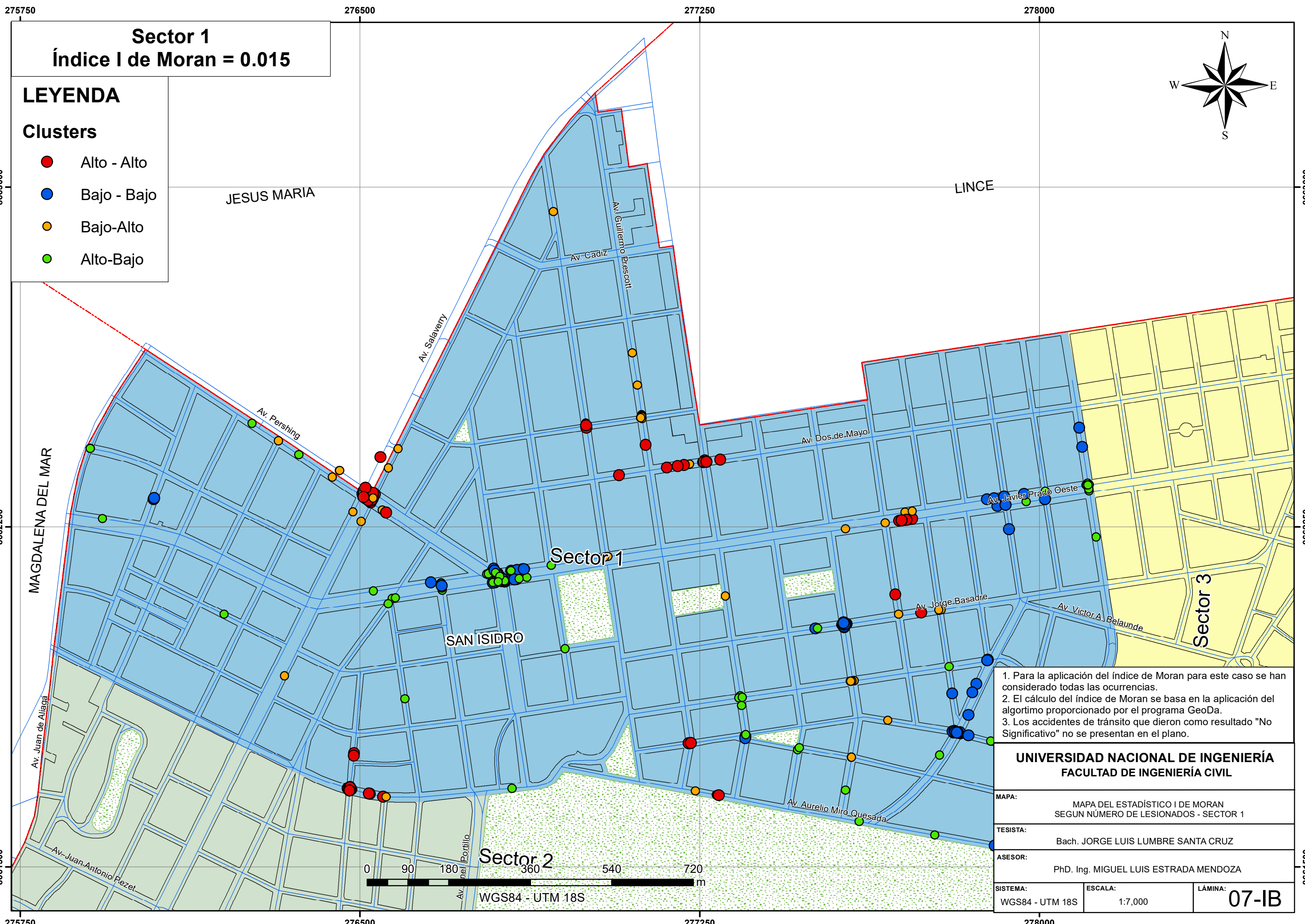
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN
SEGUN NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 1

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S
ESCALA: 1:7,000
LÁMINA: 07-IA



275750

276500

277250

278000

8663000

8663000

8662250

8662250

8661500

8661500

275750

276500

277250

278000

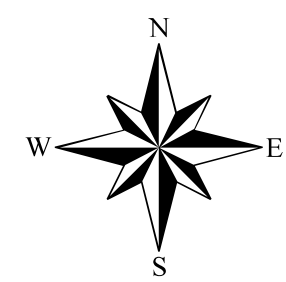
Sector 1

Índice I de Moran = 0.015

LEYENDA

Clusters

- Alto - Alto
- Bajo - Bajo
- Bajo-Alto
- Alto-Bajo



JESUS MARIA

LINCE

MAGDALENA DEL MAR

SAN ISIDRO

Sector 1

Sector 2

Sector 3

1. Para la aplicación del índice de Moran para este caso se han considerado todas las ocurrencias.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN
SEGUN NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 1

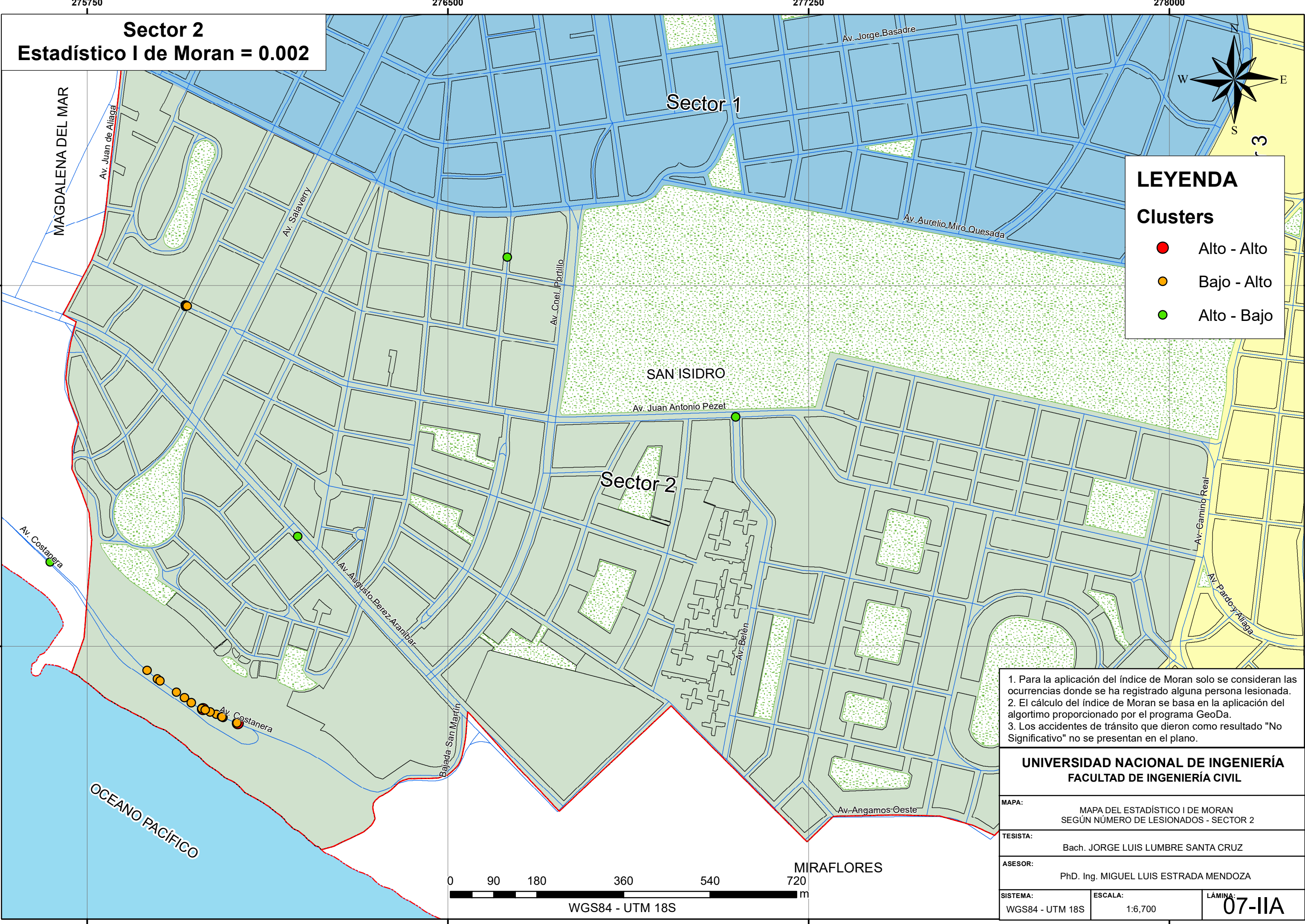
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

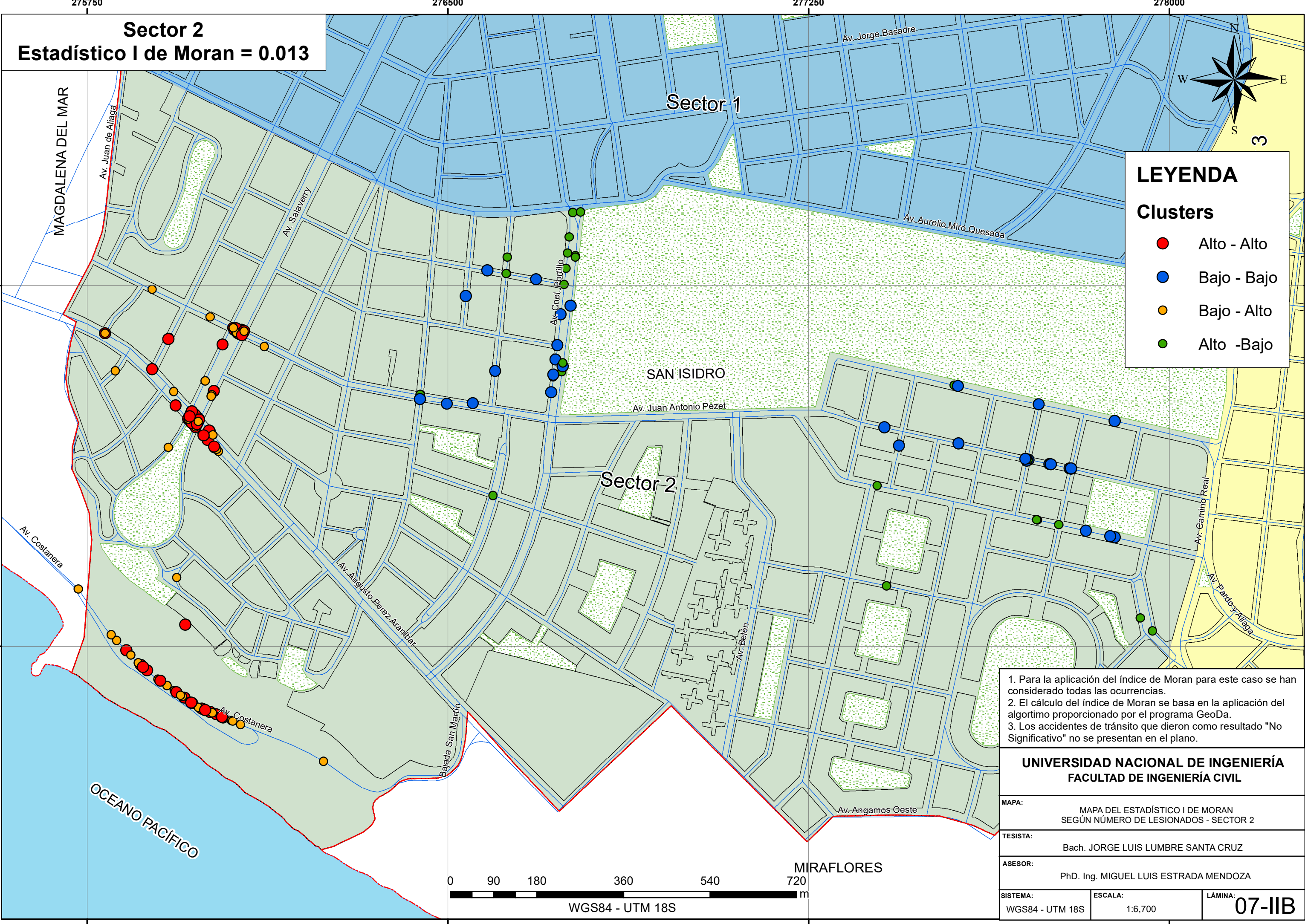
ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:7,000	07-IB



WGS84 - UTM 18S





Sector 2
Estadístico I de Moran = 0.013

LEYENDA

Clusters

●

Alto - Alto

●

Bajo - Bajo

●

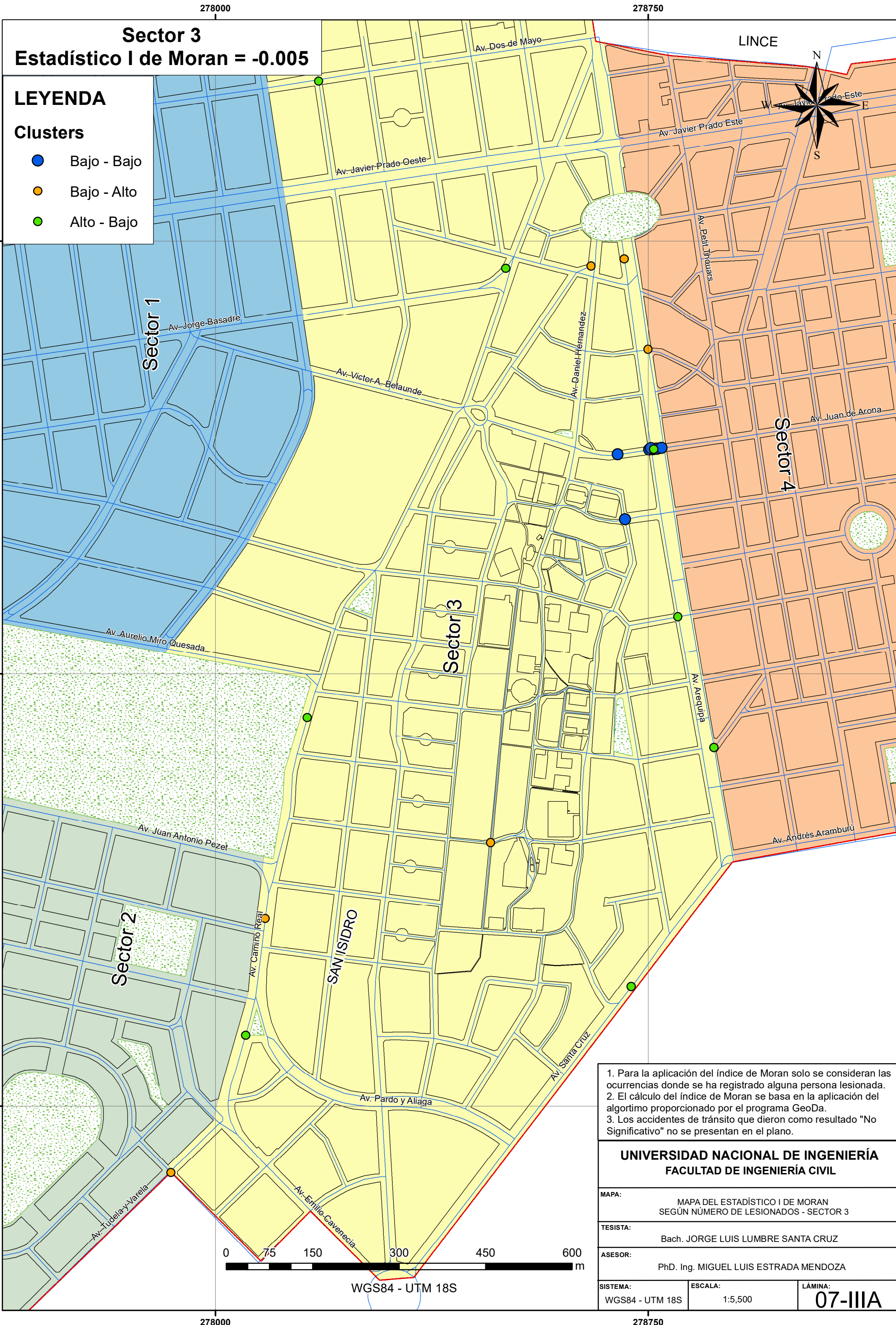
Bajo - Alto

●

Alto -Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran para este caso se han considerado todas las ocurrencias.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN SEGÚN NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 2	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:6,700	07-IIB



Sector 3

Estadístico I de Moran = -0.005

LEYENDA

Clusters

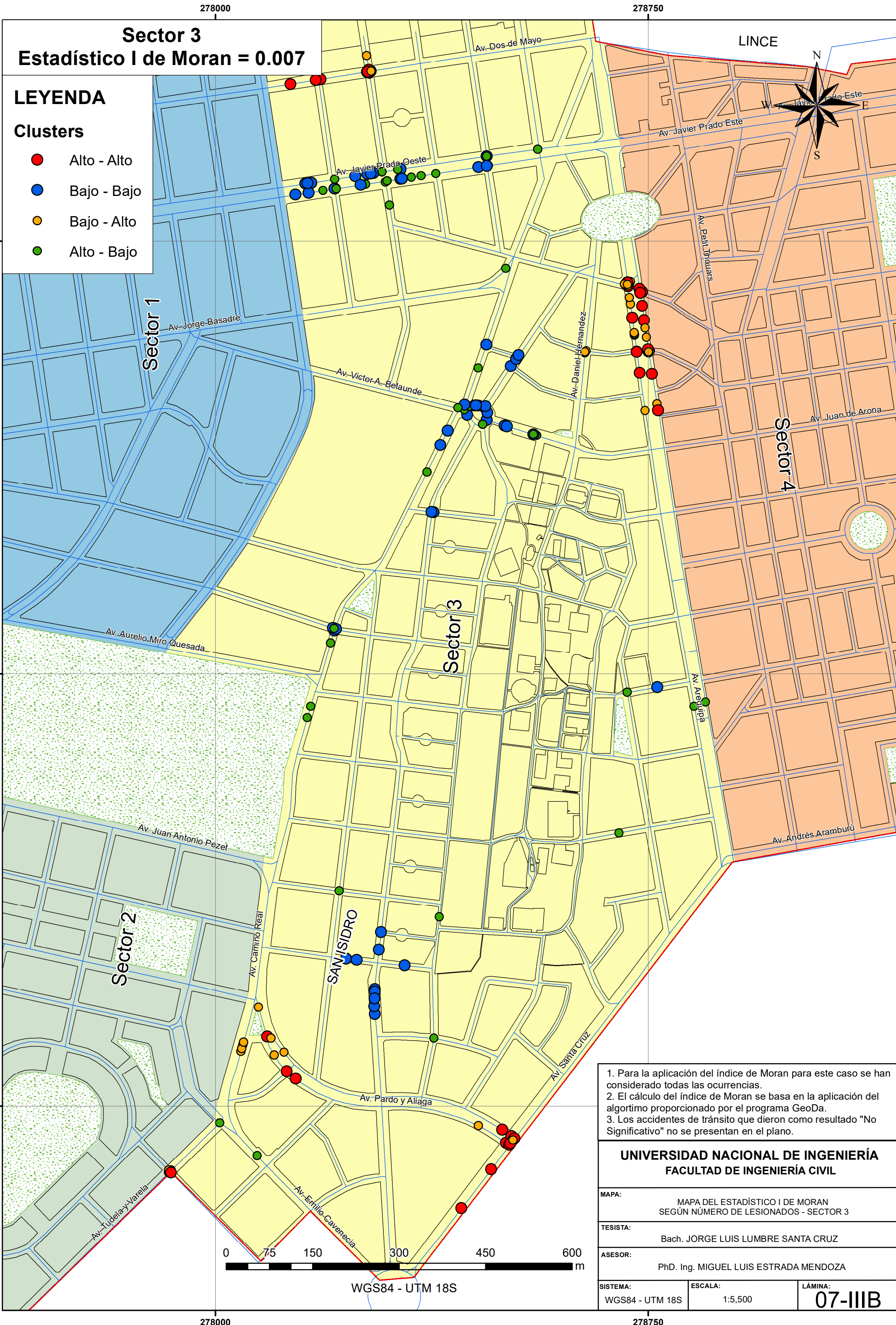
- Bajo - Bajo
- Bajo - Alto
- Alto - Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran solo se consideran las ocurrencias donde se ha registrado alguna persona lesionada.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN SEGÚN NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 3	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:5,500	07-IIIA



Sector 3

Estadístico I de Moran = 0.007

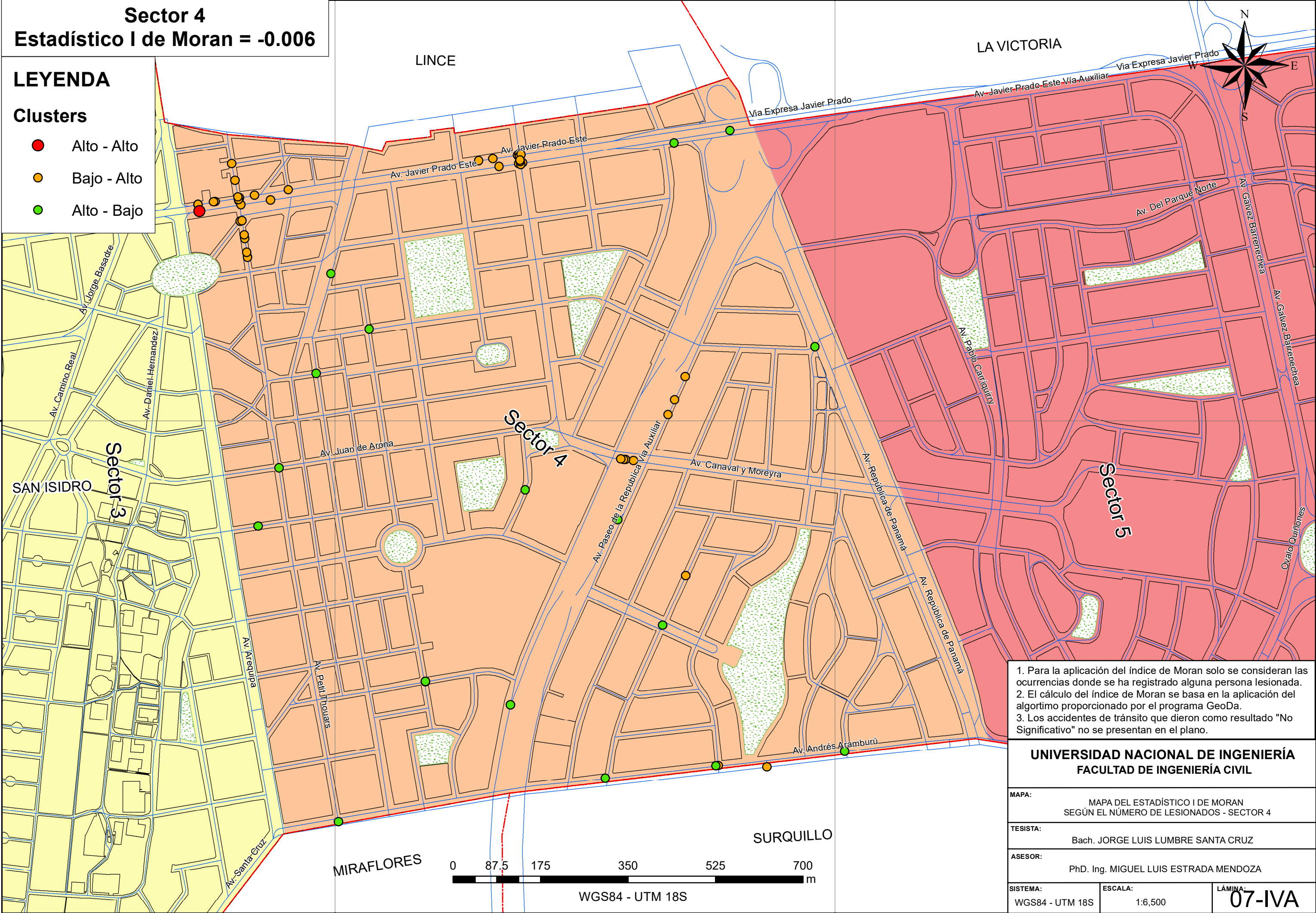
LEYENDA

Clusters

- Alto - Alto
- Bajo - Bajo
- Bajo - Alto
- Alto - Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran para este caso se han considerado todas las ocurrencias.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN SEGÚN NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 3	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:5,500	07-IIIB

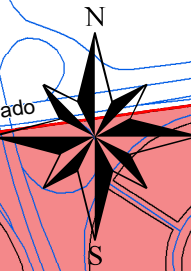


279000

280000

LINCE

LA VICTORIA



8662000

000298

SAN ISIDRO

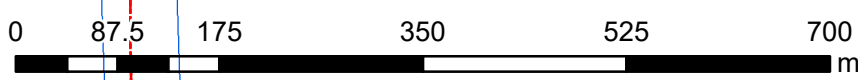
Sector 3

Sector 4

Sector 5

SURQUILLO

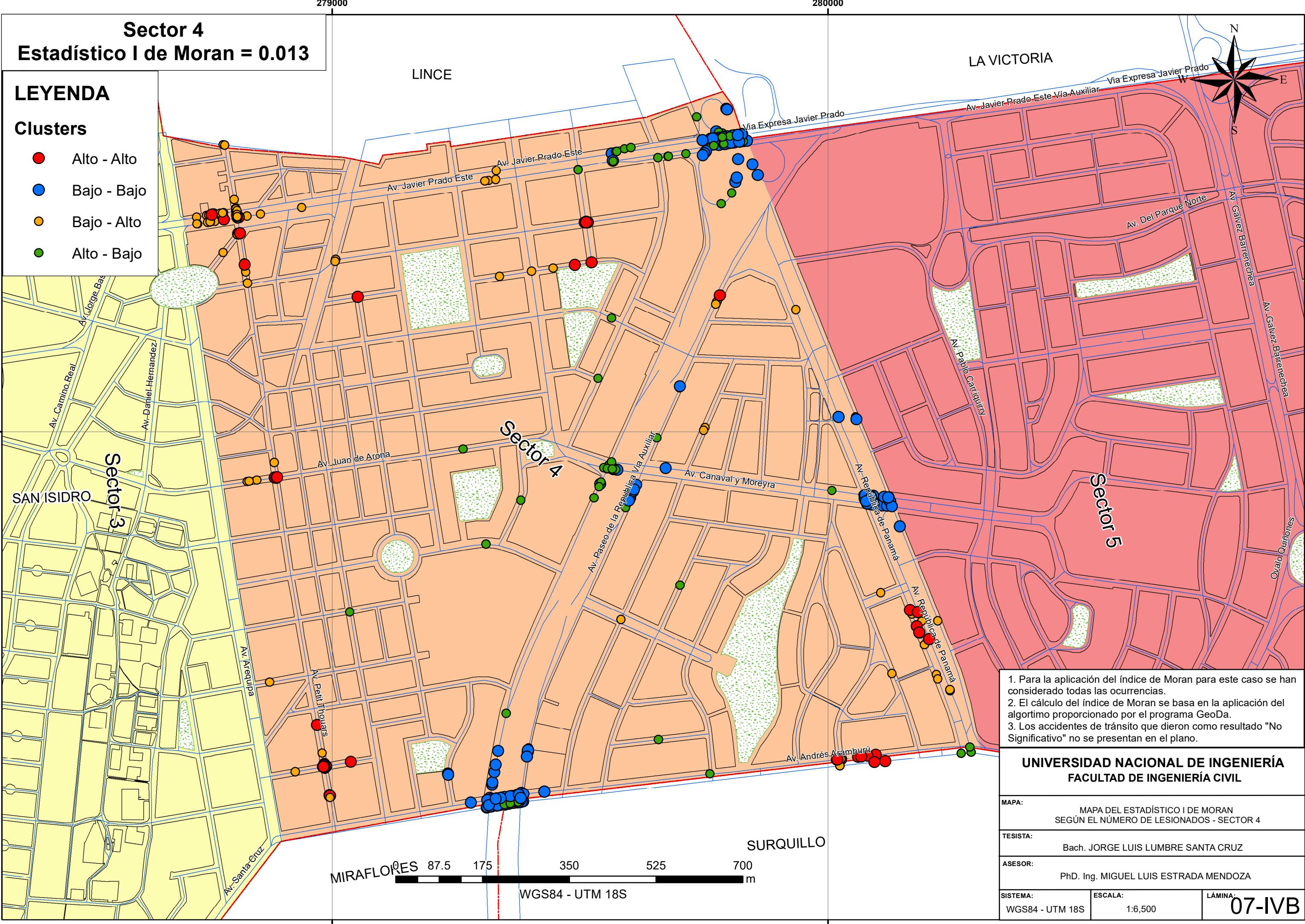
MIRAFLORES



WGS84 - UTM 18S

279000

280000



Sector 4
Estadístico I de Moran = 0.013

LEYENDA

Clusters

- Alto - Alto
- Bajo - Bajo
- Bajo - Alto
- Alto - Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran para este caso se han considerado todas las ocurrencias.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

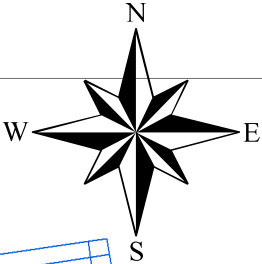
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN SEGÚN EL NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 4	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:6,500	07-IVB

280250

281000

Sector 5

Estadístico I de Moran = -0.005



LA VICTORIA

Av. Javier Prado Este Via Auxiliar

Via Expresa Javier Prado

Via Expresa Javier Prado

Av. Javier Prado Este Via Auxiliar

Av. Del Parque Norte

Av. Galvez Barrenechea

Av. Guardia Civil

Av. Republica de Panama

Av. Pablo Carrizosa

Av. Canaval y Moreyra

Av. Republica de Panama

Av. Andrés Aramburú

Sector 5

Ovalito Quiliones

Av. Guardia Civil

Av. Del Parque Sur

Av. Galvez Barrenechea

SAN ISIDRO

SAN BORJA

LEYENDA

Clusters

- Alto - Alto
- Bajo - Alto
- Alto - Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran solo se consideran las ocurrencias donde se ha registrado alguna persona lesionada.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algortimo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN
SEGÚN NÚMERO DE LESIONADOS- SECTOR 5

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

LÁMINA: 07-VA

0 75 150 300 450 600 m

WGS84 - UTM 18S

280250

281000

8663000

8662250

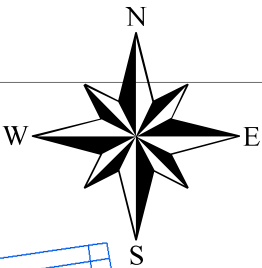
8661500

8660750

280250

281000

Sector 5
Estadístico I de Moran = 0.015



LA VICTORIA

SAN ISIDRO

SAN BORJA

LEYENDA

Clusters

- Alto . Alto
- Bajo - Bajo
- Bajo - Alto
- Alto - Bajo

1. Para la aplicación del índice de Moran para este caso se han considerado todas las ocurrencias.
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN
SEGÚN NÚMERO DE LESIONADOS- SECTOR 5

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

LÁMINA: 07-VB

0 75 150 300 450 600 m

WGS84 - UTM 18S

280250

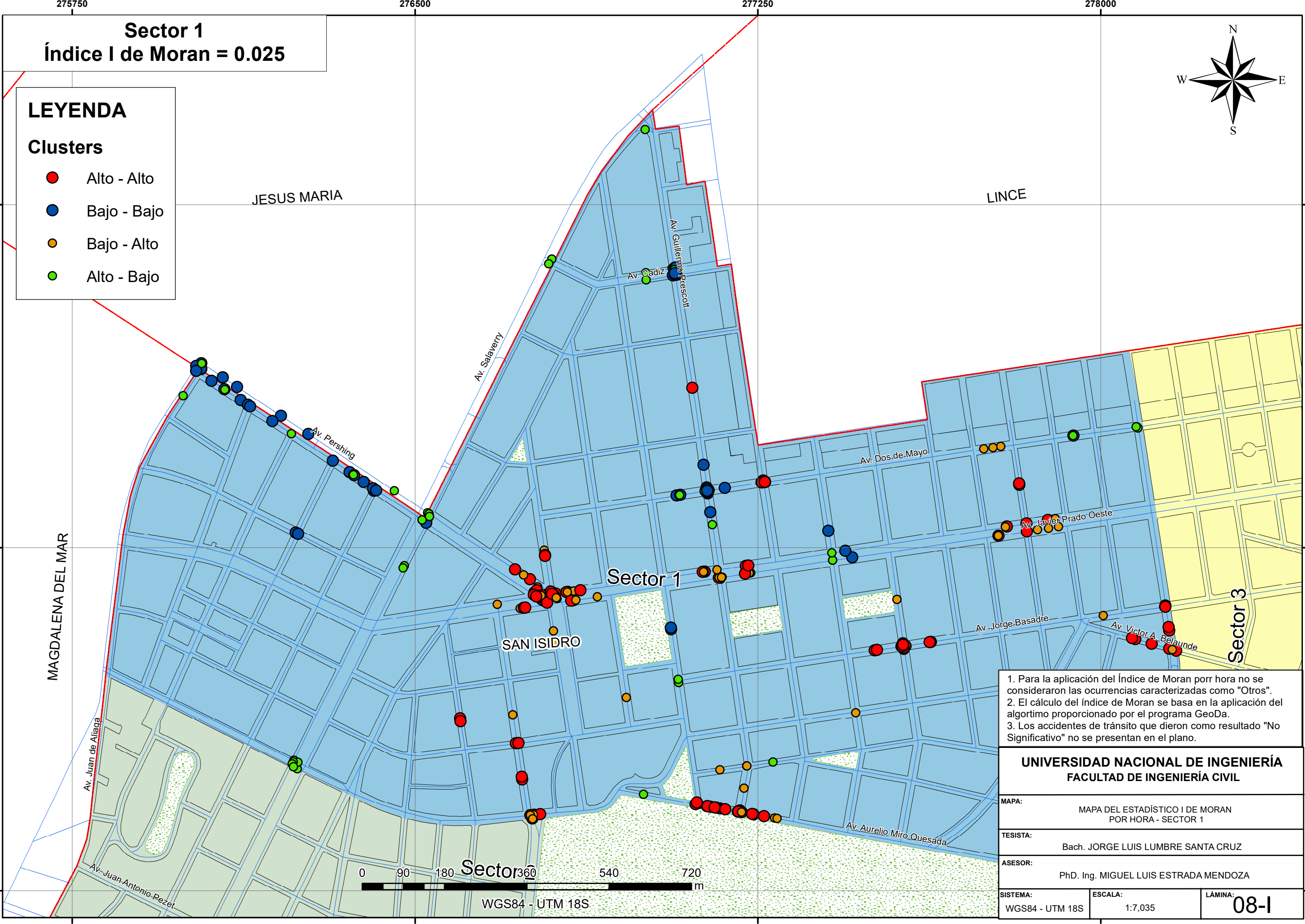
281000

8663000

8662250

8661500

8660750



MAGDALENA DEL MAR

JESUS MARIA

LINCE

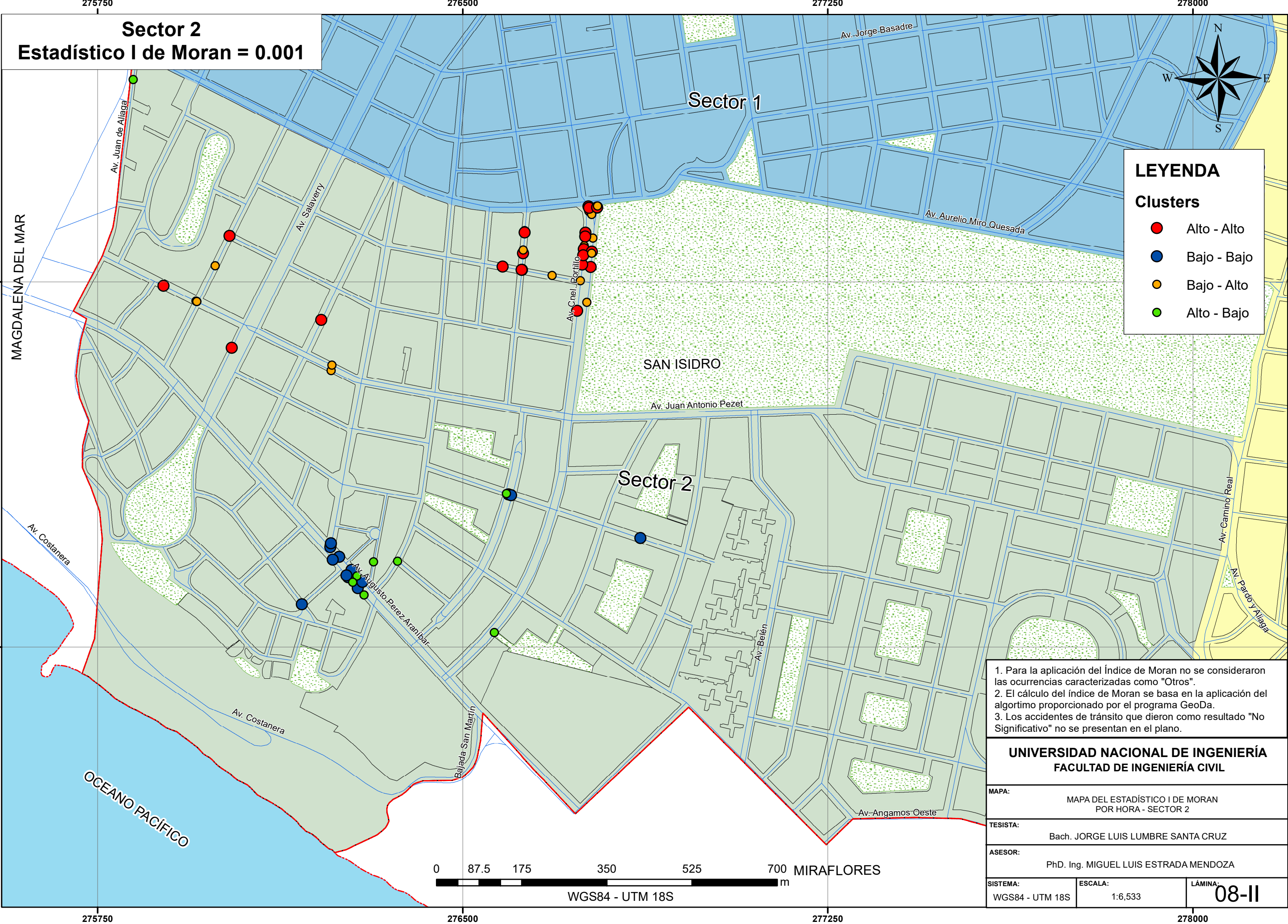
Sector 1

SAN ISIDRO

Sector 3

1. Para la aplicación del Índice de Moran por hora no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN POR HORA - SECTOR 1	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:7,035	08-1



Sector 2
Estadístico I de Moran = 0.001

LEYENDA

Clusters

Alto - Alto

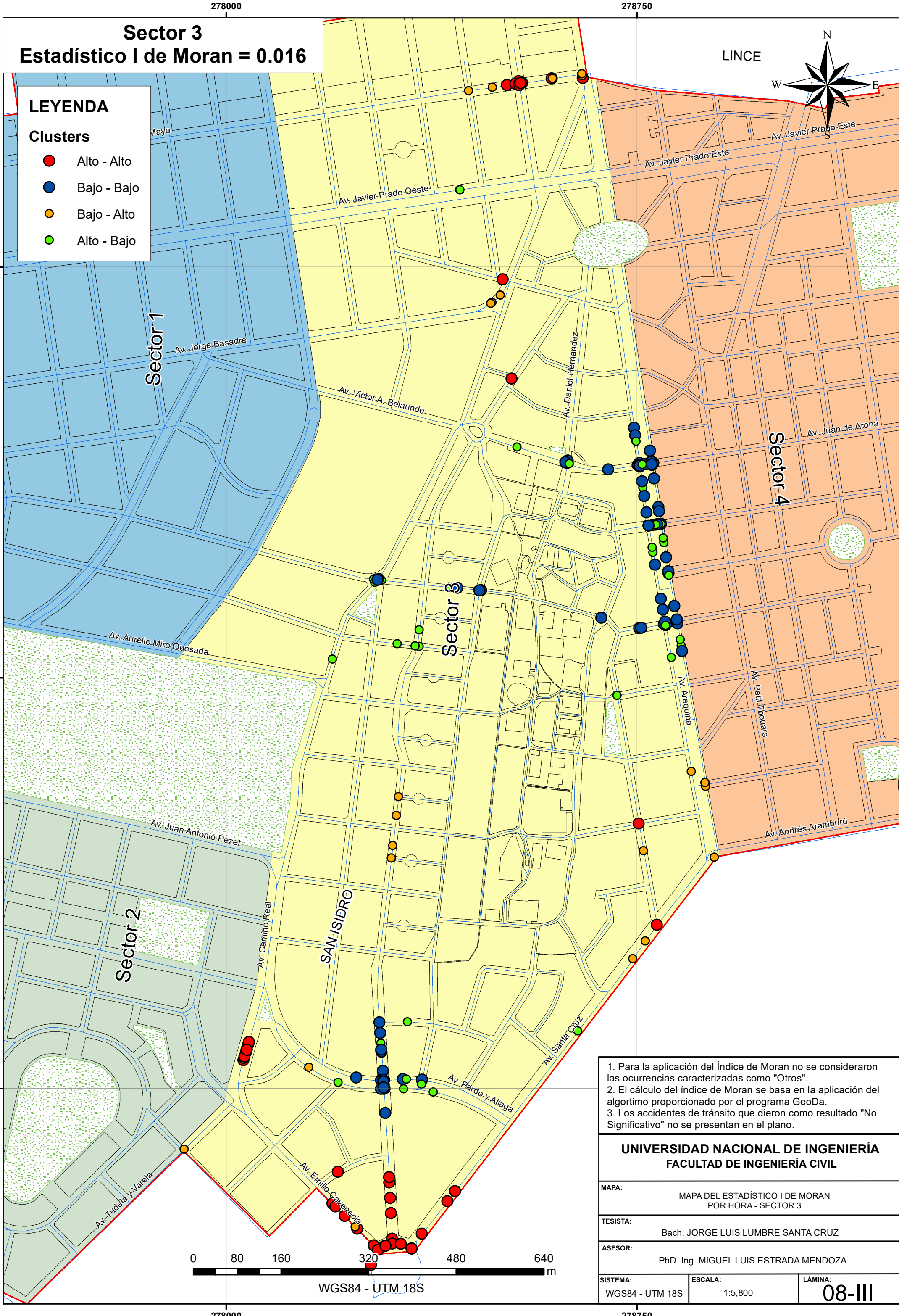
Bajo - Bajo

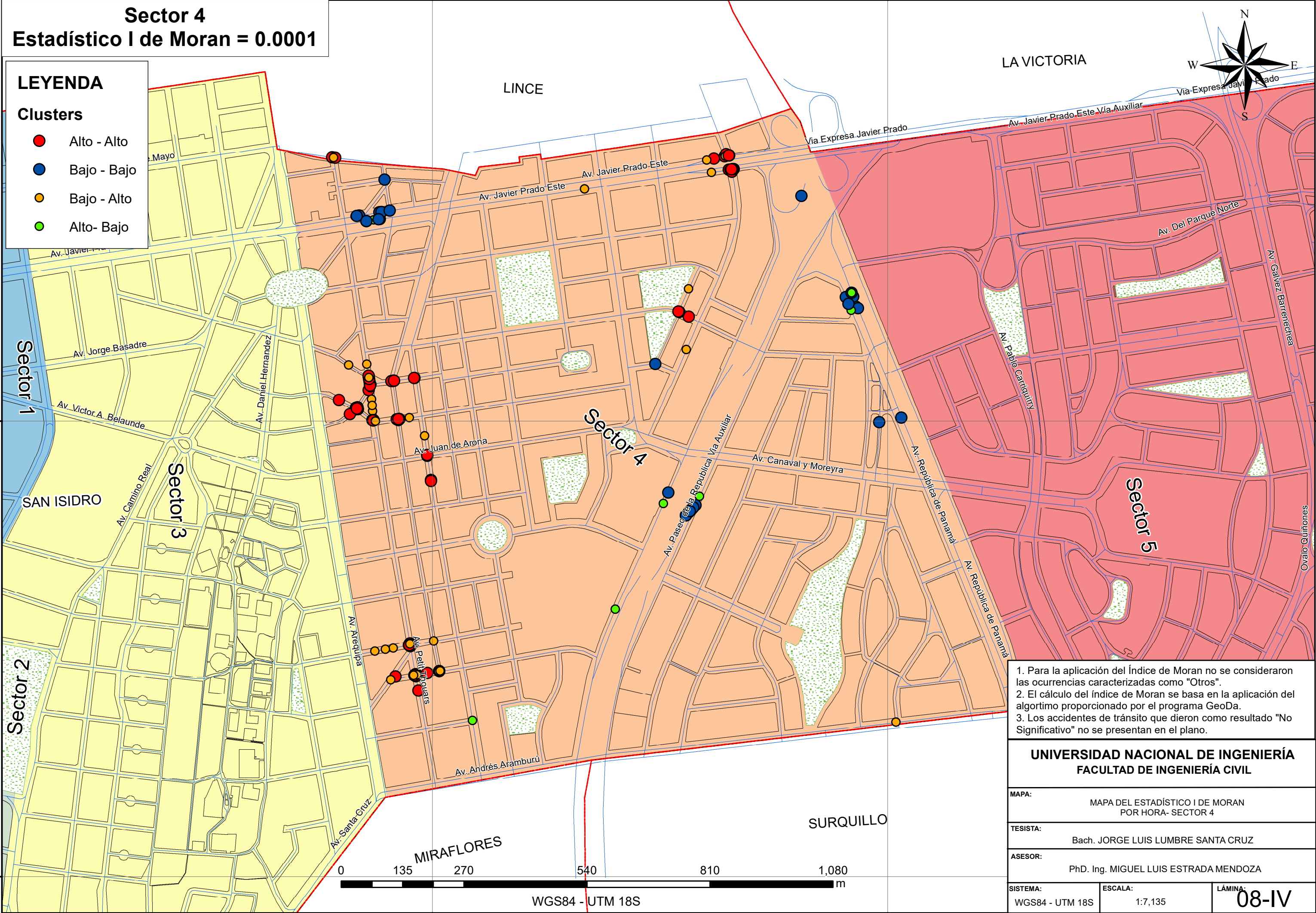
Bajo - Alto

Alto - Bajo

1. Para la aplicación del Índice de Moran no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA:	MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN POR HORA - SECTOR 2	
TESISTA:	Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ	
ASESOR:	PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA	
SISTEMA:	ESCALA:	LÁMINA:
WGS84 - UTM 18S	1:6,533	08-II





1. Para la aplicación del Índice de Moran no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".

2. El cálculo del índice de Moran se basa en la aplicación del algoritmo proporcionado por el programa GeoDa.

3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

MAPA DEL ESTADÍSTICO I DE MORAN
POR HORA- SECTOR 4

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

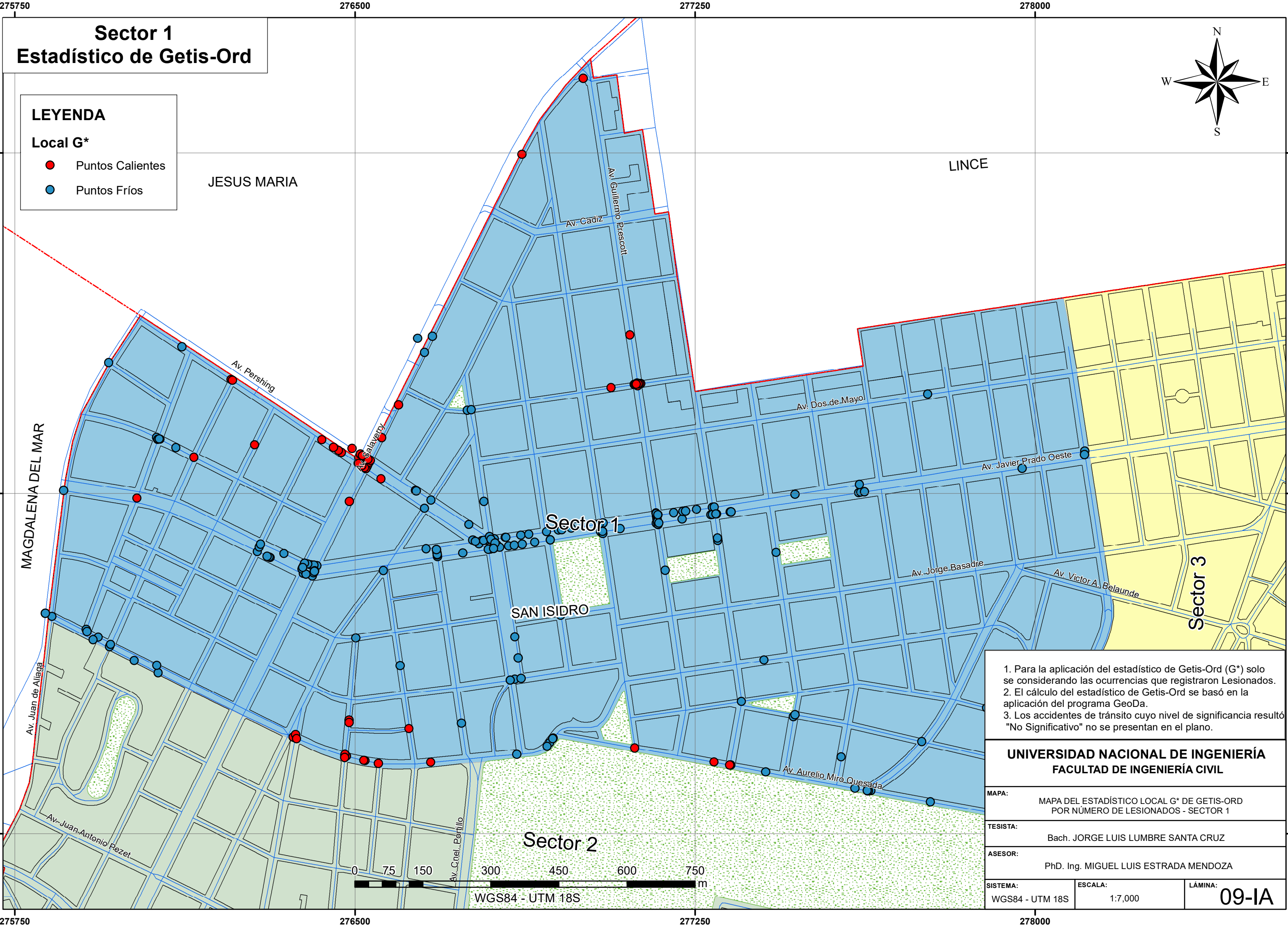
WGS84 - UTM 18S

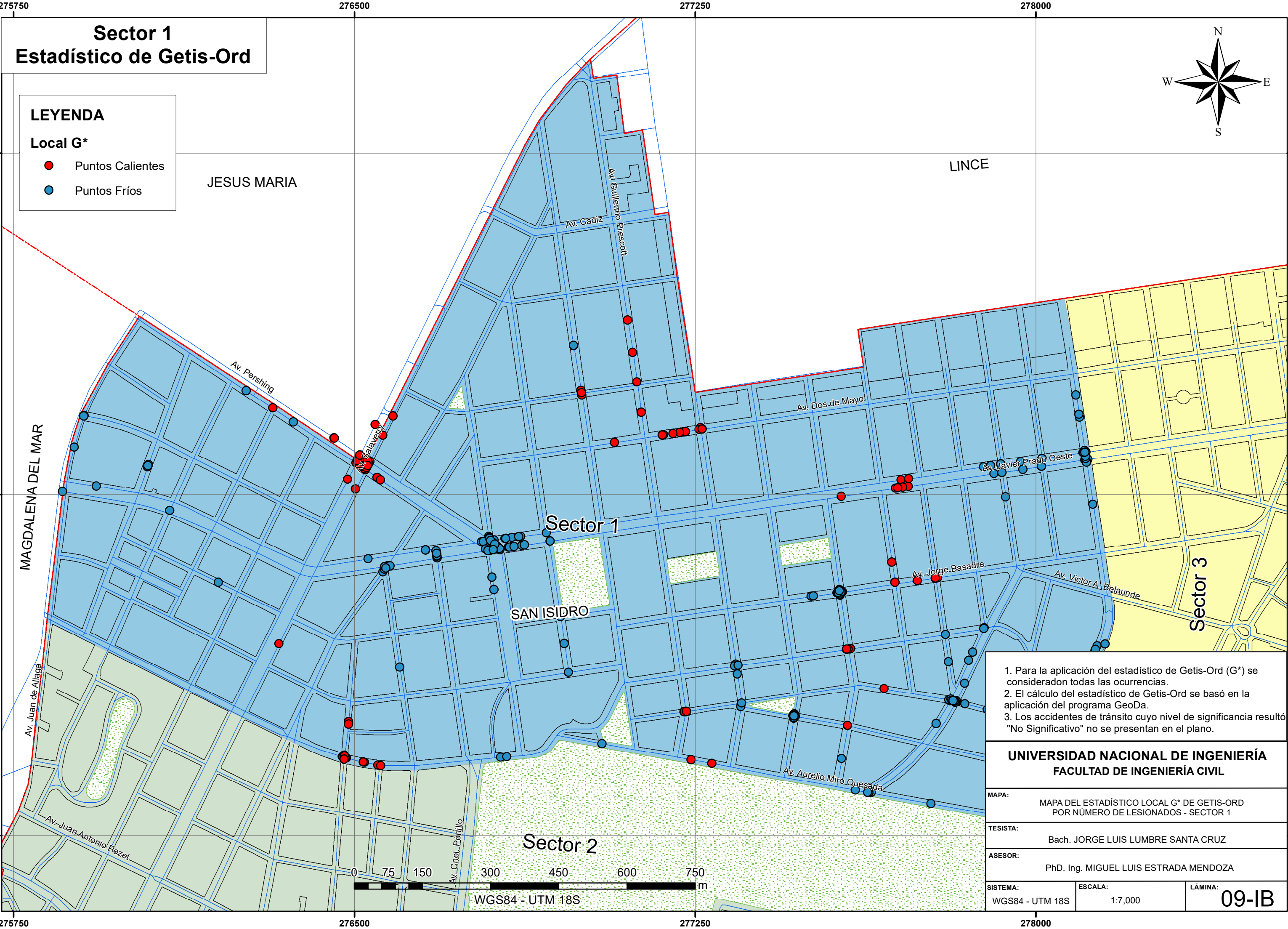
ESCALA:

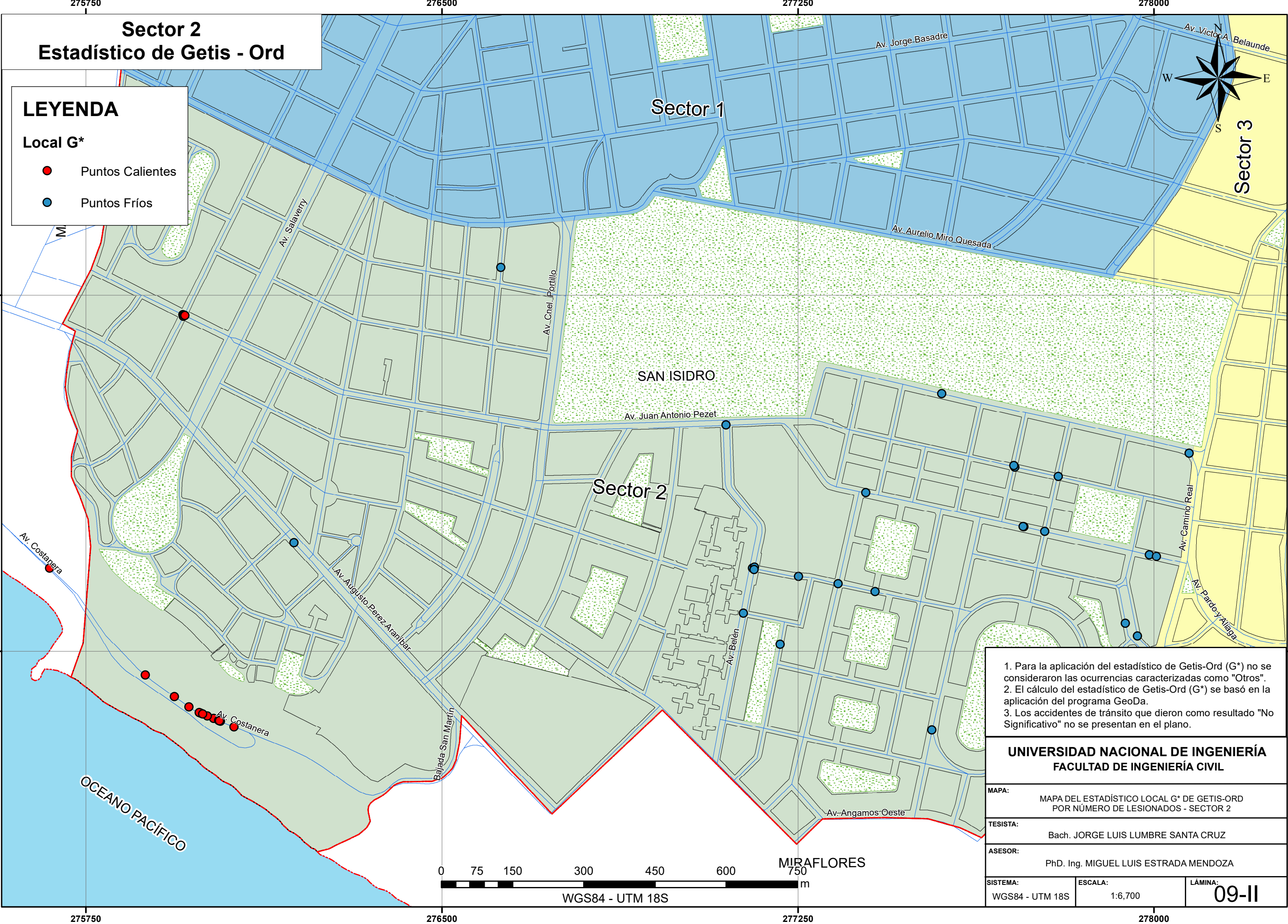
1:7,135

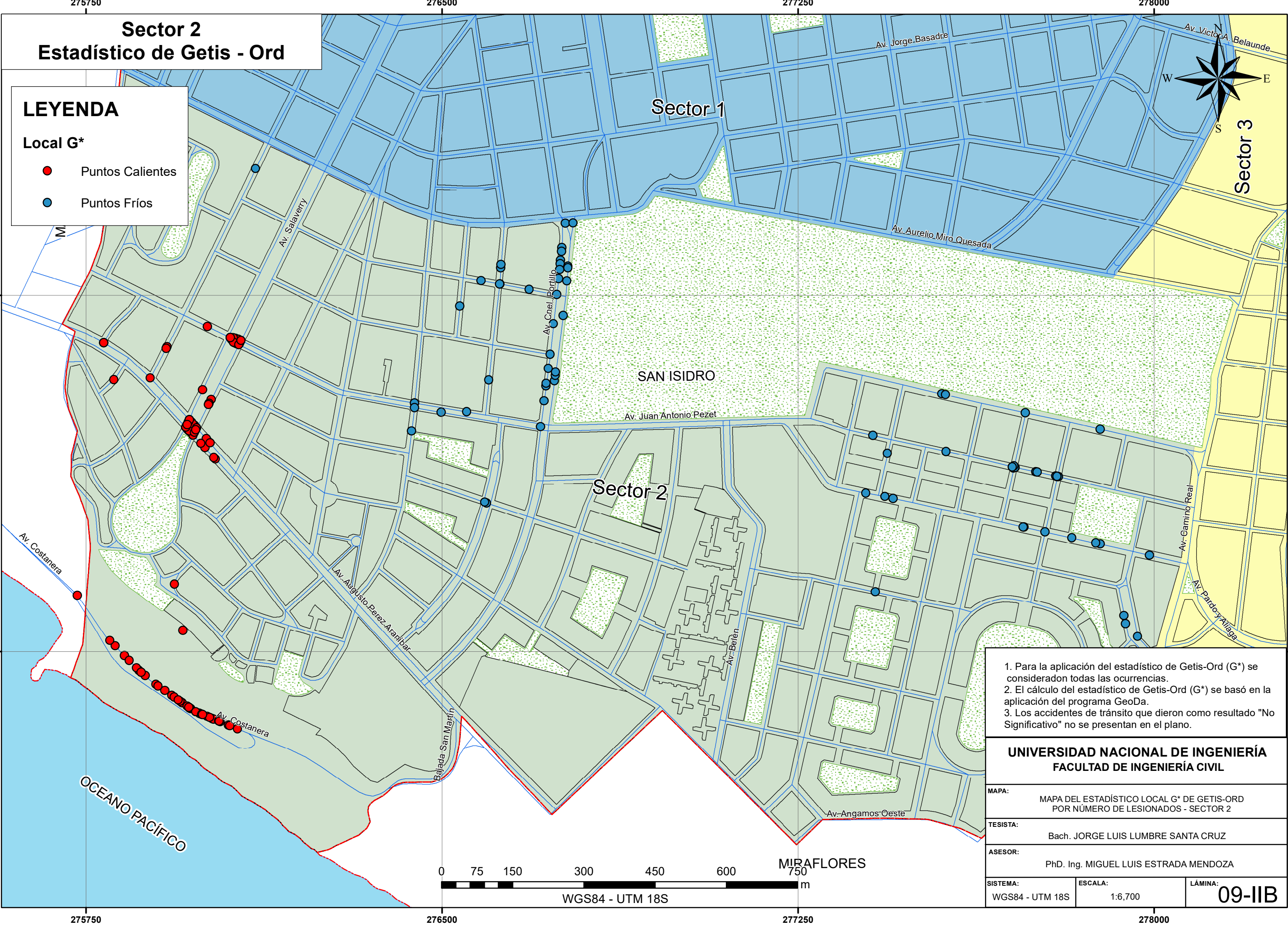
LÁMINA:

08-IV









Sector 2
Estadístico de Getis - Ord

LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) se consideraron todas las ocurrencias.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD
POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 2

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,700

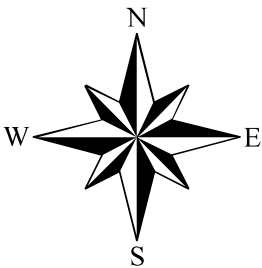
LÁMINA: 09-IIB

278000

278750

Sector 3
Estadístico de Getis - Ord

LINCE



LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

Sector 1

Sector 3

Sector 4

Sector 2

SAN ISIDRO

MIRAFLORES

SURQUILLO

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) solo se considerando las ocurrencias que registraron Lesionados.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD
POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 3

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:
1:6,500

LÁMINA:
09-IIIA

0 90 180 360 540 720 m

WGS84 - UTM 18S

278000

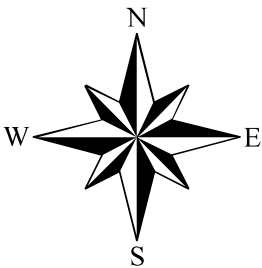
278750

278000

278750

Sector 3
Estadístico de Getis - Ord

LINCE



LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

Sector 1

Sector 3

Sector 4

Sector 2

SAN ISIDRO

MIRAFLORES

SURQUILLO

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) se consideran todas las ocurrencias.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD
POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 3

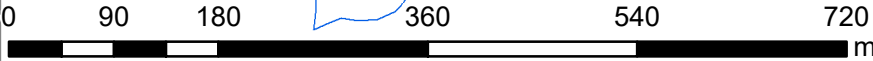
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

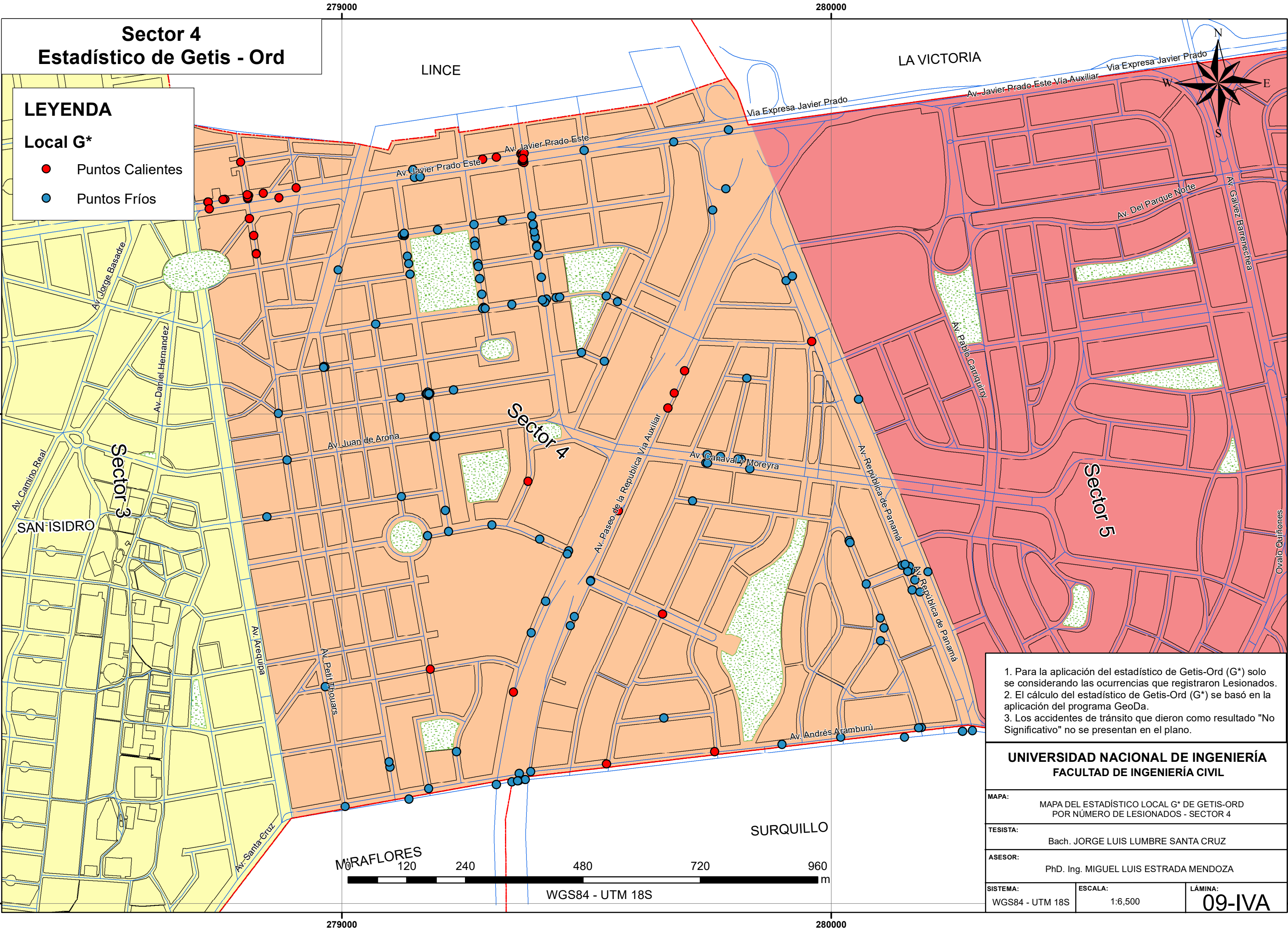
LÁMINA: 09-IIIB



WGS84 - UTM 18S

278000

278750



Sector 4 Estadístico de Getis - Ord

LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) solo se considerando las ocurrencias que registraron Lesionados.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD
POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 4

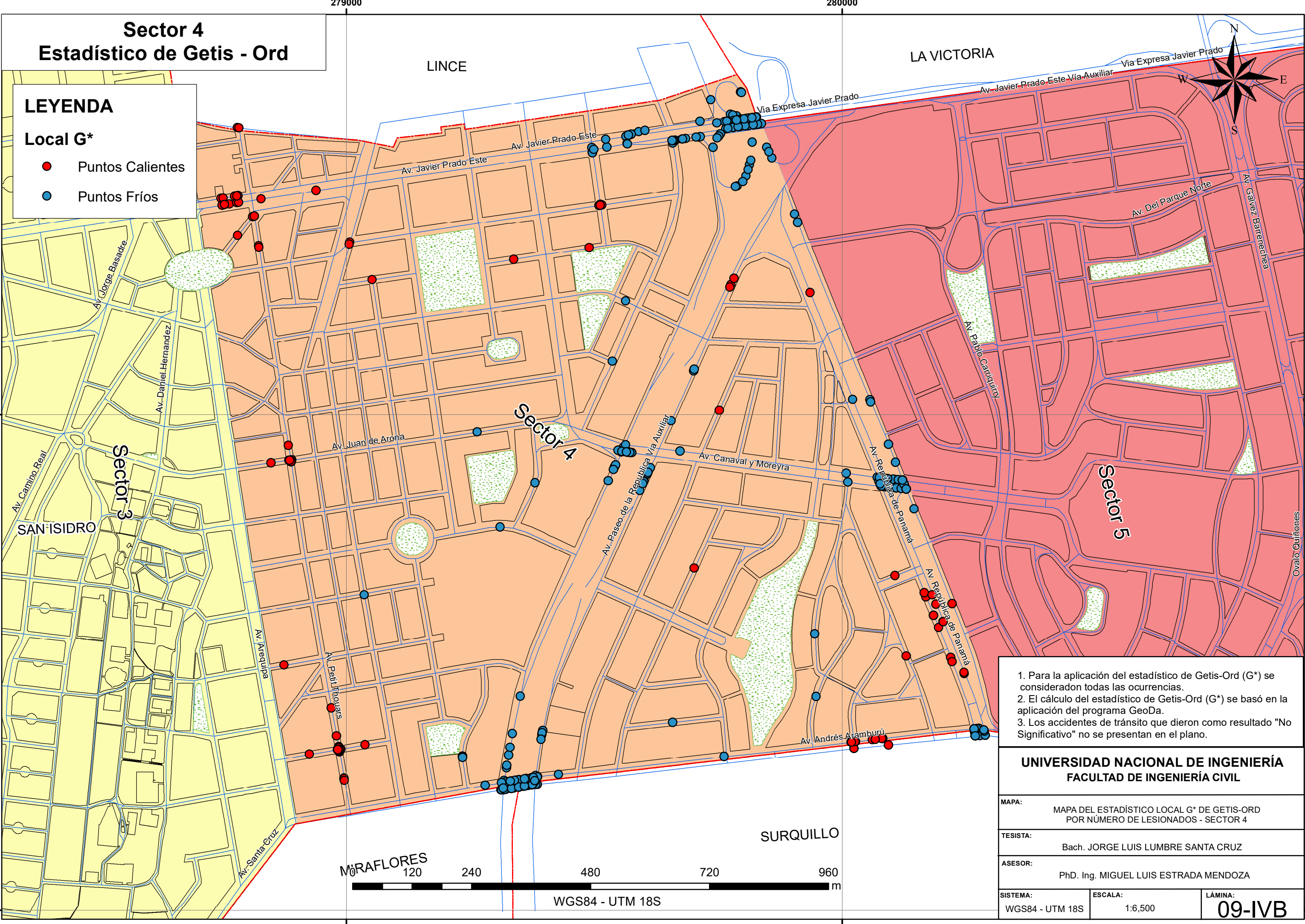
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

LÁMINA: 09-IVA



Sector 4
Estadístico de Getis - Ord

LEYENDA

- Local G***
- Puntos Calientes
 - Puntos Fríos

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) se consideraron todas las ocurrencias.

2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.

3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 4

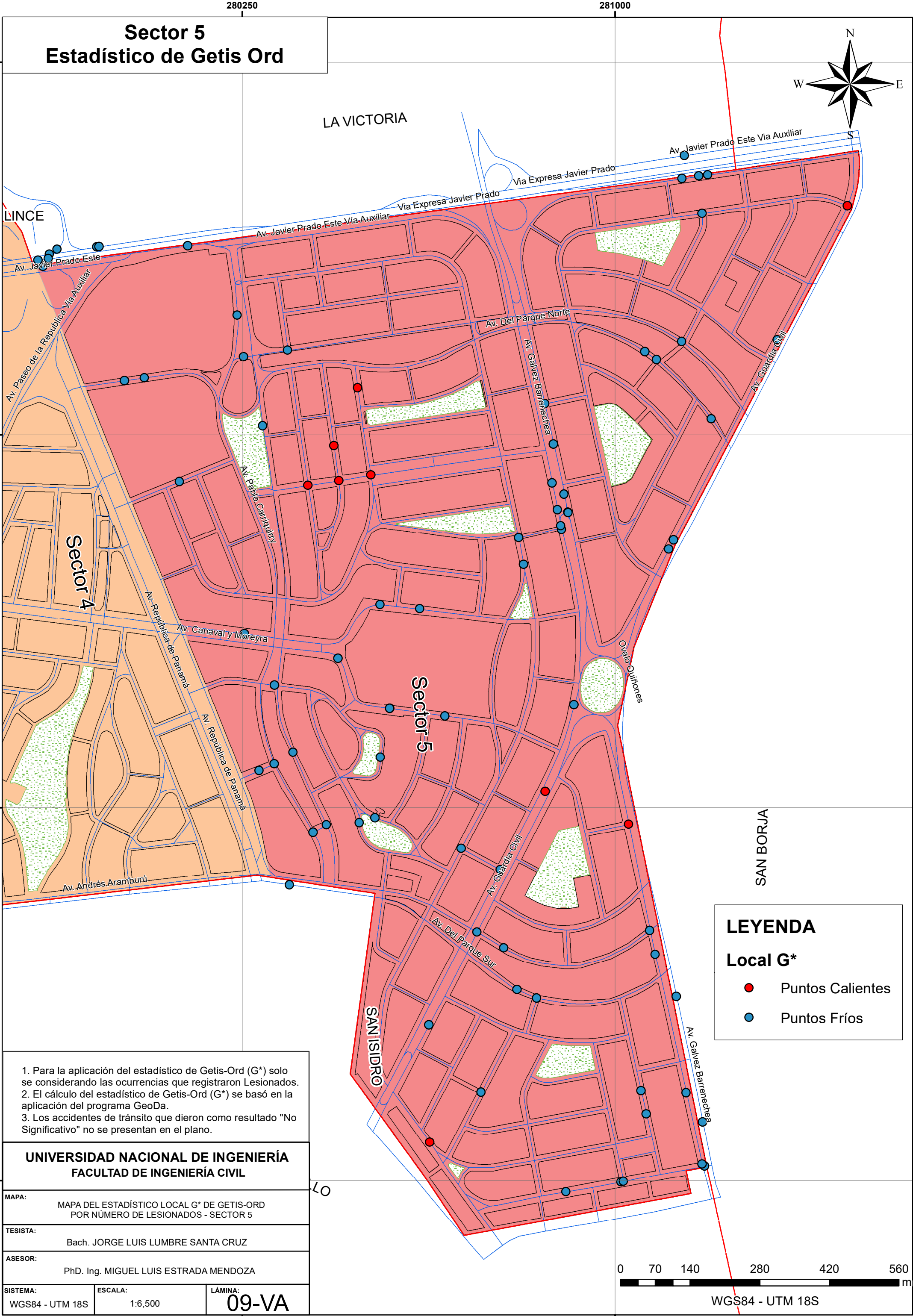
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: Ph.D. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

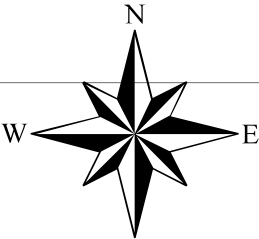
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

LÁMINA: 09-IVB



Sector 5 Estadístico de Getis Ord



LEYENDA

Local G*

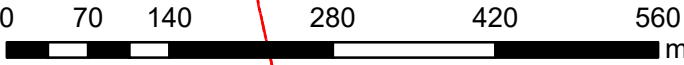
Puntos Calientes

Puntos Fríos

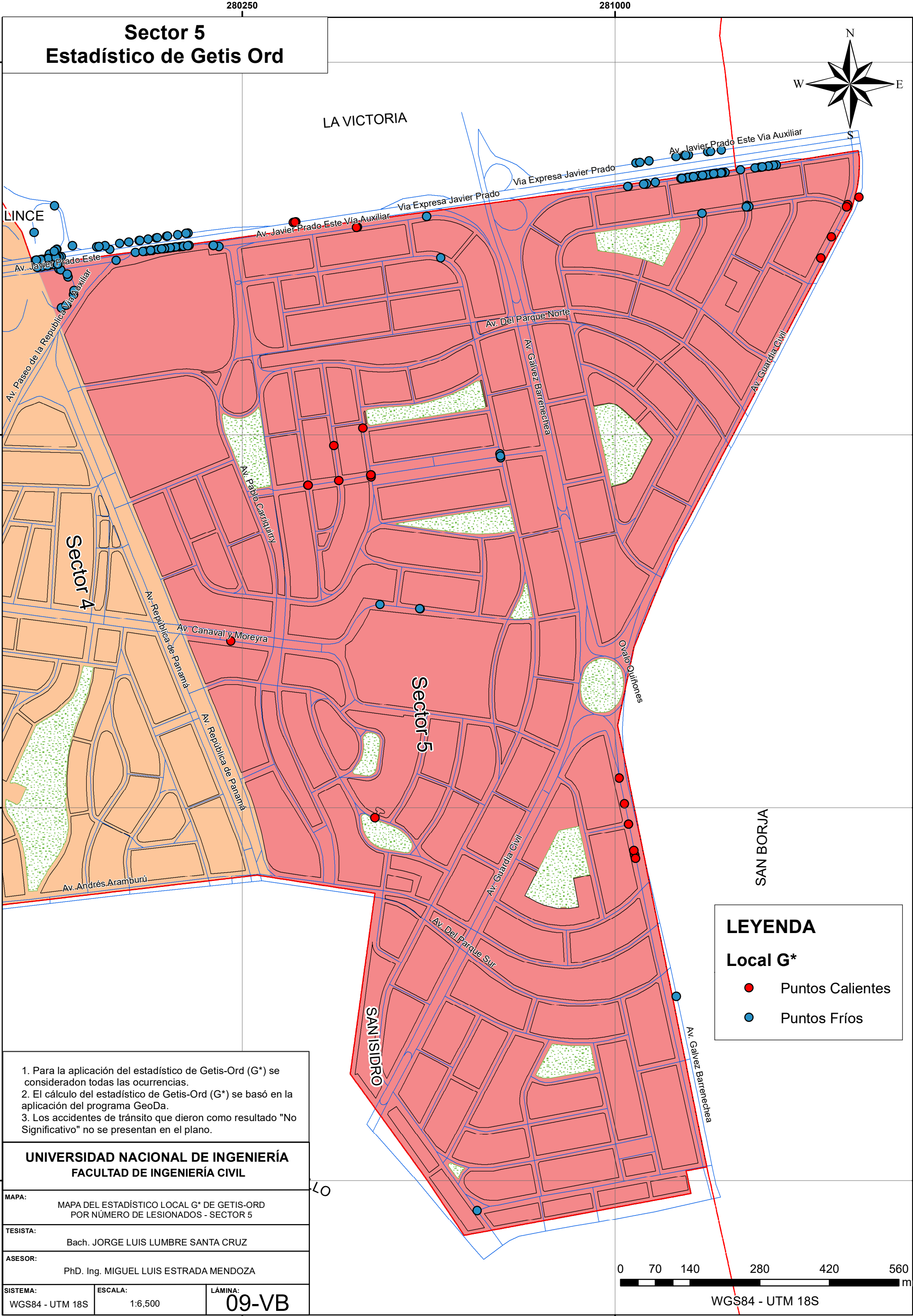
1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) solo se considerando las ocurrencias que registraron Lesionados.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

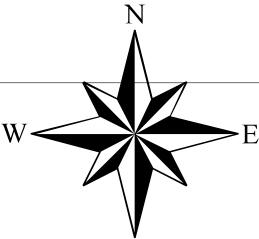
MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 5		
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ		
ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA		
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S	ESCALA: 1:6,500	LÁMINA: 09-VA



WGS84 - UTM 18S



Sector 5 Estadístico de Getis Ord



LEYENDA

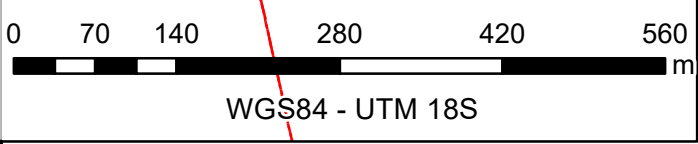
Local G*

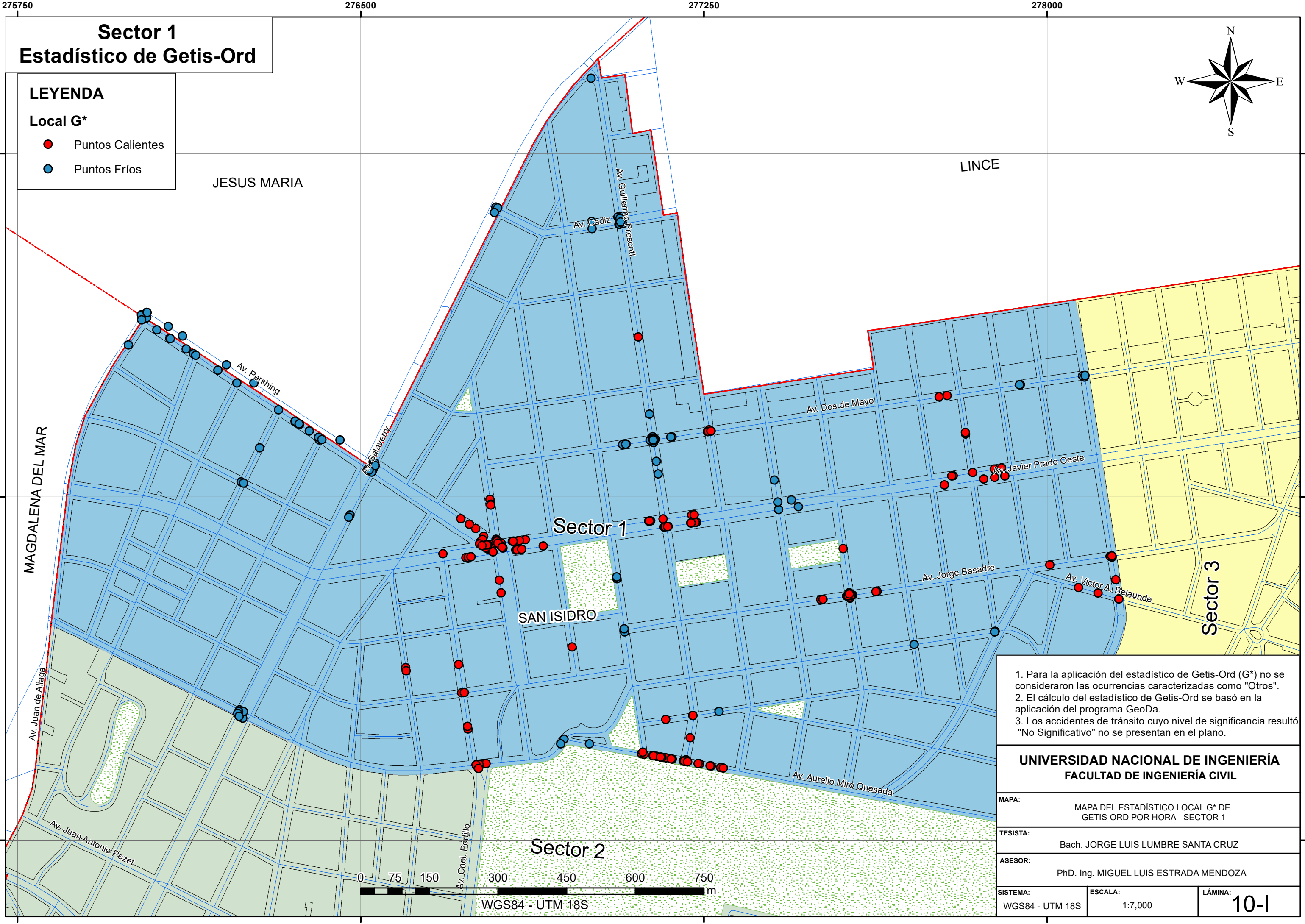
Puntos Calientes

Puntos Fríos

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) se consideraron todas las ocurrencias.
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD POR NÚMERO DE LESIONADOS - SECTOR 5		
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ		
ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA		
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S	ESCALA: 1:6,500	LÁMINA: 09-VB





1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
 2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord se basó en la aplicación del programa GeoDa.
 3. Los accidentes de tránsito cuyo nivel de significancia resultó "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD POR HORA - SECTOR 1

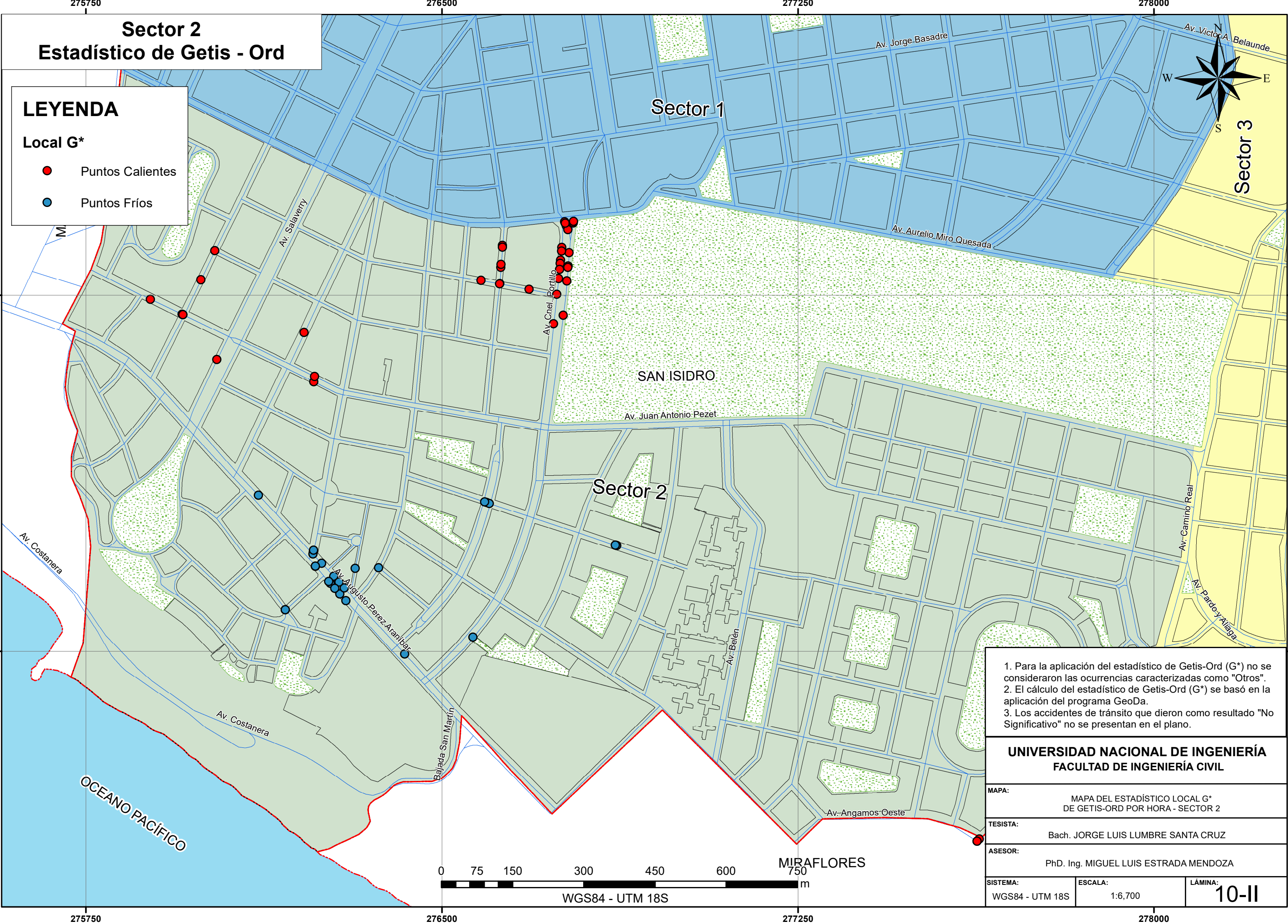
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:7,000

LÁMINA: 10-I



Sector 2
Estadístico de Getis - Ord

LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G*
DE GETIS-ORD POR HORA - SECTOR 2

TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,700

LÁMINA: 10-II

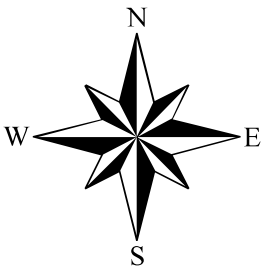
WGS84 - UTM 18S

278000

278750

Sector 3
Estadístico de Getis - Ord

LINCE



LEYENDA

Local G*

- Puntos Calientes
- Puntos Fríos

Sector 1

Sector 4

Sector 3

Sector 2

SAN ISIDRO

MIRAFLORES

SURQUILLO

1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G*
DE GETIS-ORD POR HORA - SECTOR 3

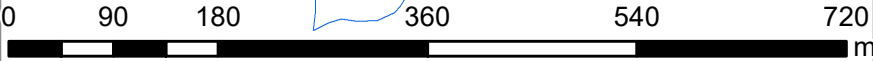
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA: WGS84 - UTM 18S

ESCALA: 1:6,500

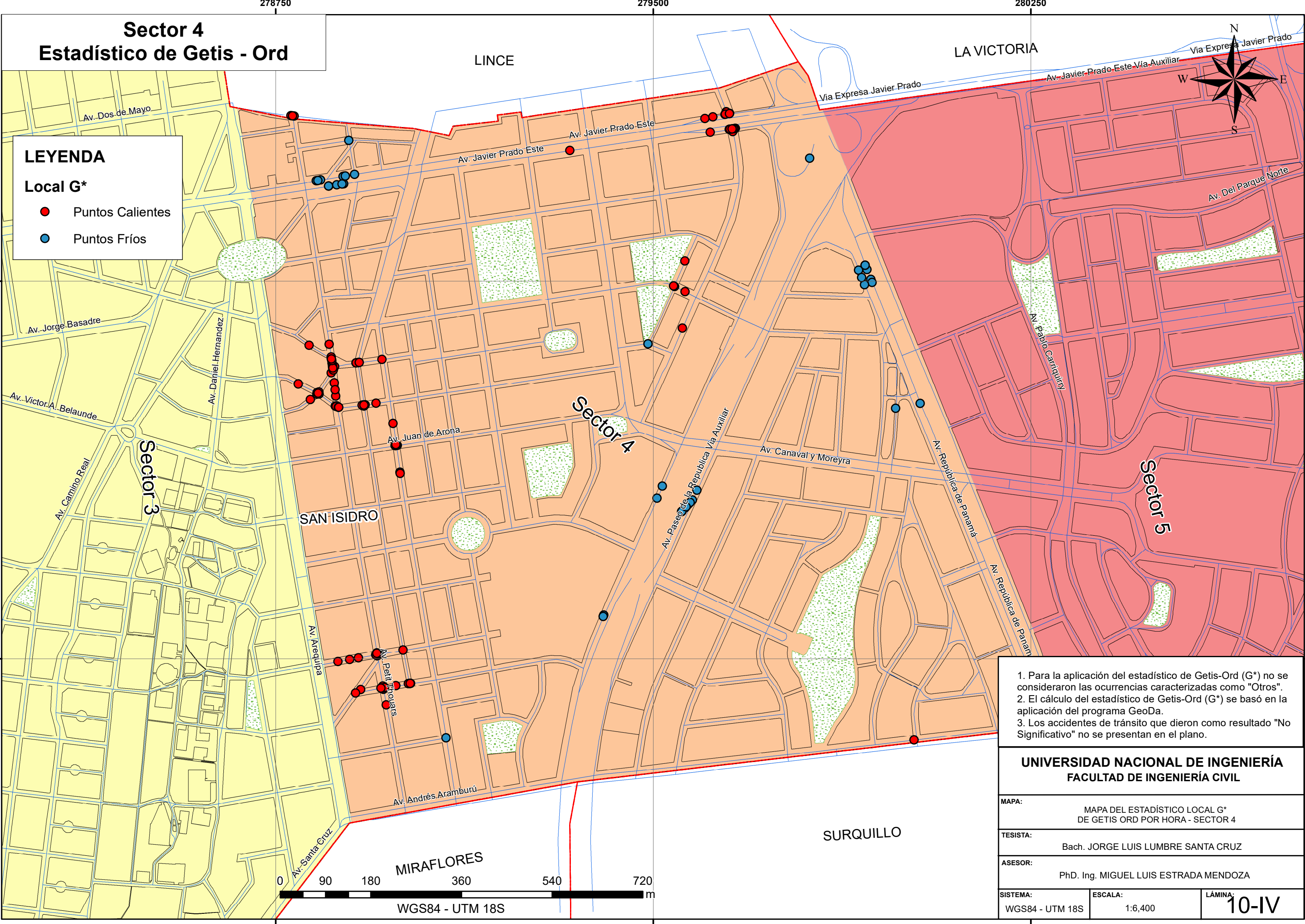
LÁMINA: 10-III



WGS84 - UTM 18S

278000

278750



1. Para la aplicación del estadístico de Getis-Ord (G*) no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".

2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.

3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA:

MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G*
DE GETIS ORD POR HORA - SECTOR 4

TESISTA:

Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ

ASESOR:

PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

SISTEMA:

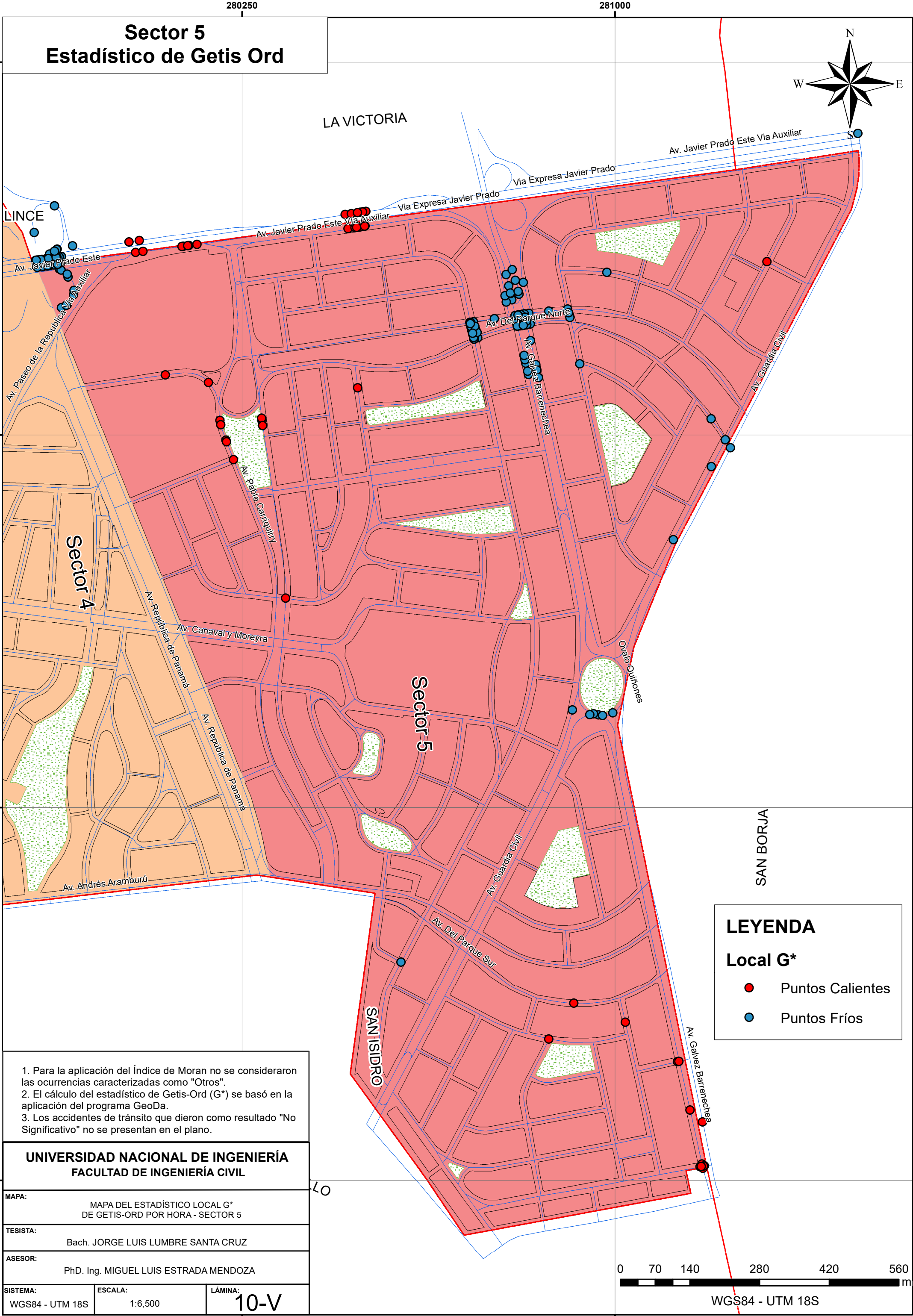
WGS84 - UTM 18S

ESCALA:

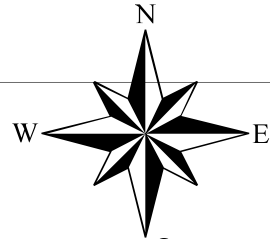
1:6,400

LÁMINA:

10-IV



Sector 5 Estadístico de Getis Ord



LEYENDA

Local G*

Puntos Calientes

Puntos Fríos

1. Para la aplicación del Índice de Moran no se consideraron las ocurrencias caracterizadas como "Otros".
2. El cálculo del estadístico de Getis-Ord (G*) se basó en la aplicación del programa GeoDa.
3. Los accidentes de tránsito que dieron como resultado "No Significativo" no se presentan en el plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
MAPA: MAPA DEL ESTADÍSTICO LOCAL G* DE GETIS-ORD POR HORA - SECTOR 5		
TESISTA: Bach. JORGE LUIS LUMBRE SANTA CRUZ		
ASESOR: PhD. Ing. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA		
SISTEMA: WGS84 - UTM 18S	ESCALA: 1:6,500	LÁMINA: 10-V

