

**TESIS DE MAESTRÍA
INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE REDES LOCALES DE
ALCANTARILLADO Y SU NECESIDAD O NO DE SER SOMETIDAS
A RENOVACIÓN/REHABILITACIÓN TENIENDO EN CUENTA
CCTV EN UN NÚMERO LIMITADO DE TUBERÍAS. CASO DE
ESTUDIO ZONA 1 DE LA EAAB – ESP.**

PRESENTADO POR:

LADY JOHANNA SAUZA RODRÍGUEZ

ASESOR:

JUAN GUILLERMO SALDARRIAGA VALDERRAMA



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
ENERO 2020**

AGRADECIMIENTOS

Todo el amor y el agradecimiento a mis hijos, a mi esposo, a mis padres y a mis hermanas, por el apoyo y la comprensión para poder lograr este objetivo. A mis jefes, a mis amigos, a mis amigas, a mis maestros, al Profesor Juan Guillermo Saldarriaga y al servicio público en mis queridas empresas, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga SA ESP, Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá SA ESP.

A Dios, a la Virgen y a la Devoción a San Judas Tadeo, que me dieron fuerza para ser mamá, esposa, profesional y estudiante.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo General	3
1.1.2	Objetivos Específicos	3
2	Marco teórico	4
2.1	Determinación del Estado estructural de las Tuberías de Alcantarillado Sanitario	4
2.1.1	Significado e importancia.....	5
2.1.2	Variables que pueden influir en la determinación del estado estructural	6
2.1.3	Tipos de modelos para la determinación del estado estructural	10
2.1.4	Normatividad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB ESP. 14	
2.2	Modelos de Regresión Logística	23
2.2.1	Modelo de Regresión Logística Binaria	25
2.2.2	Modelo de Regresión Logística Multinomial.....	27
3	Metodología para la determinación del estado estructural de las redes de alcantarillado sanitario de la zona 1 de la eaab esp.	29
3.1	Antecedentes	29
3.2	Metodología propuesta para el Caso de Estudio	32
3.2.1	Definición del problema.....	32
3.2.2	Recopilación de la Información	34
3.2.3	Depuración de la base de datos	36
3.2.4	Metodología propuesta para la Estimación del Estado Estructural de las Redes Locales de Alcantarillado Sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP.....	51
4	Resultados	61
4.1	Caso de estudio	61
4.1.1	Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros.....	61
4.1.2	Zona 1 de la EAAB	69



4.1.3	Predicción del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB	83
5	Análisis de resultados.....	88
5.1	Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros	88
5.2	Zona 1 de la EAAB	89
5.3	Predicción.....	90
6	Conclusiones	92
7	Recomendaciones y futuras investigaciones	94
8	Referencias.....	96
9	Anexos.....	100
9.1	Matriz de variables para regresión logística.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.-</i> Mapa de Zonas EAAB ESP. Tomado de www.acueducto.com.co	1
<i>Figura 2.-</i> Mapa Subsistencia Bogotá, tomado de Mora (2018).	8
<i>Figura 3.-</i> Mapa de Avisos de Mantenimiento de Alcantarillado 2008-2018 Zona 1 EAAB ESP	9
<i>Figura 4.-</i> Función Logística.....	24
<i>Figura 5.-</i> Matriz Función Logística	24
<i>Figura 6.-</i> CCTV realizados en la Zona 1 de la EAAB.....	33
<i>Figura 7.-</i> Clase de Material Base de Datos completa, tuberías con y sin CCTV.....	36
<i>Figura 8.-</i> Clase de Material Base de Datos, muestra tuberías con CCTV.	37
<i>Figura 9.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Edad redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB	39
<i>Figura 10.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Edad tuberías muestra con CCTV	40
<i>Figura 11.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Diámetros redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB.....	41
<i>Figura 12.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Diámetros tuberías muestra con CCTV.....	42
<i>Figura 13.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Longitud redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB.....	43
<i>Figura 14.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Longitud tuberías muestra con CCTV	43
<i>Figura 15.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Longitud tuberías muestra con CCTV	44
<i>Figura 16.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Pendiente tuberías muestra con CCTV	45
<i>Figura 17.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Profundidad de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB	46
<i>Figura 18.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Profundidad tuberías muestra con CCTV	47
<i>Figura 19.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Avisos de Mantenimiento, de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB.....	48
<i>Figura 20.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Avisos de Mantenimiento, tuberías muestra con CCTV	48
<i>Figura 21.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Subsistencia, de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB	49
<i>Figura 22.-</i> Diagrama Caja y Bigotes, Subsistencia, tuberías muestra con CCTV	50
<i>Figura 23.-</i> Matriz de confusión.....	53
<i>Figura 24.-</i> Diagrama de Flujo Metodología Determinación Estado Estructural.....	55
<i>Figura 25.-</i> Diagrama de Flujo Metodología Entregar Modelo de Regresión Logística	58
<i>Figura 26.-</i> Diagrama de Flujo Verificar Modelo de Regresión Logística.....	59
<i>Figura 27.-</i> Diagrama de Flujo Medir ajuste del Modelo de Regresión Logística	60



<i>Figura 28.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las Variables (MB = M Binario).....</i>	62
<i>Figura 29.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2).....</i>	63
<i>Figura 30.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, A y MB</i>	64
<i>Figura 31.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A y MB.....</i>	65
<i>Figura 32.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2).....</i>	67
<i>Figura 33.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las variables (MB=M binario)</i>	70
<i>Figura 34.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)</i>	71
<i>Figura 35.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S y E.....</i>	72
<i>Figura 36.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S, E y A.</i>	73
<i>Figura 37.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.</i>	74
<i>Figura 38.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S y E.....</i>	76
<i>Figura 39.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S y MB</i>	77
<i>Figura 40.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A y MB.....</i>	78
<i>Figura 41.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (MB=M binario)</i>	79
<i>Figura 42.- Pantalla MATLAB, Coeficientes MRLM con todas las variables (MB=M binario)</i>	79
<i>Figura 43.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2</i>	80
<i>Figura 44.- Pantalla MATLAB, Coeficientes MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2).....</i>	81
<i>Figura 45.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de S, E, A, M1 y M2.....</i>	84
<i>Figura 46.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de D, S, E y A.</i>	85
<i>Figura 47.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de D, S y E.</i>	86
<i>Figura 48.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con todas las variables.</i>	87

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.-</i> Longitud de redes EAAB ESP	1
<i>Tabla 2.-</i> Tipología Avisos Mantenimiento Alcantarillado 2008-2018 Zona 1 EAAB ESP.	9
<i>Tabla 3.-</i> Clasificación de Modelos de deterioro. Tomado de Ana and W. Bauwens (2010)	12
<i>Tabla 4.-</i> Cuadro comparativo NS-58 V2010 vs V2019, elaboración propia.....	19
<i>Tabla 5.-</i> Criterios de selección de equipos para videoinspección de alcantarillado. Tomado de la NS-58 EAAB ESP	20
<i>Tabla 6.-</i> Descripción de los Caracteres de la Calificación ‘Quick Rating’ de PACP. Tomado de la NS-58 EAAB	21
<i>Tabla 7.-</i> Interpretación de una Calificación Ejemplo (Calificación = 4221). Tomado de la NS-58 EAAB ESP	21
<i>Tabla 8.-</i> Cuadro resumen de las clasificaciones rápidas PACP (Estructural). Tomado de la NS-58 EAAB ESP	22
<i>Tabla 9.-</i> Cuadro resumen de las clasificaciones rápidas PACP (Operación/Mantenimiento). Tomado de la NS-58 EAAB ESP	23
<i>Tabla 10.-</i> Casos de Estudio Modelos de Regresión Logística. Elaboración propia	31
<i>Tabla 11.-</i> Variables dependientes definidas.....	34
<i>Tabla 12.-</i> Clase de Material Base de Datos completa, con y sin CCTV.	37
<i>Tabla 13.-</i> Clase de Material Base de Datos con CCTV	38
<i>Tabla 14.-</i> Matriz de Confusión MRLB con todas las Variables (MB = M Binario)	63
<i>Tabla 15.-</i> Medidas de Ajuste MRLB con todas las Variables (MB = M Binario)	63
<i>Tabla 16.-</i> Matriz de Confusión, MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)	63
<i>Tabla 17.-</i> Medidas de Ajuste MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)	64
<i>Tabla 18.-</i> Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, A y MB.....	64
<i>Tabla 19.-</i> Medidas de Ajuste MRLB con las variables S, A y MB.....	64
<i>Tabla 20.-</i> Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A y MB	65
<i>Tabla 21.-</i> Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A y MB	65
<i>Tabla 22.-</i> Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)	66
<i>Tabla 23.-</i> Matriz de Confusión, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)	66
<i>Tabla 24.-</i> Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)	66
<i>Tabla 25.-</i> Matriz de confusión, MRLM con todas las variables Mficticia = M1 y M2)	67



Tabla 26.- Medida de Ajuste, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2).....	67
Tabla 27.- Modelos de Regresión Logística MRL UPZ Los Cedros	68
Tabla 28.- Variables utilizadas en MRL UPZ Los Cedros.....	68
Tabla 29.- Coeficientes de Regresión MRL UPZ Los Cedros	68
Tabla 30.- Prueba de hipótesis p-valor MRL UPZ Los Cedros.....	68
Tabla 31.- Medida de Ajuste Matriz de Confusión MRL UPZ Los Cedros	69
Tabla 32.- Matriz de Confusión, MRLB con todas las variables (MB=M binario).....	70
Tabla 33.- Medidas de Ajuste, MRLB con todas las variables (MB=M binario).....	70
Tabla 34.- Matriz de Confusión, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)	71
Tabla 35.- Medidas de Ajuste, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)	71
Tabla 36.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S y E.	72
Tabla 37.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S y E.	72
Tabla 38. Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S, E y A.	73
Tabla 39.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S, E y A.....	73
Tabla 40.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.	74
Tabla 41.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.....	74
Tabla 42.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.....	75
Tabla 43.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.	75
Tabla 44.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.	75
Tabla 45.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S y E.	76
Tabla 46.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S y E.	76
Tabla 47.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S y MB	77
Tabla 48.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S y MB	77
Tabla 49.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A y MB	78
Tabla 50.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A y MB	78
Tabla 51.- Matriz de confusión, MRLM con todas las variables (MB=M binario).....	79
Tabla 52.- Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (MB=M binario).....	80
Tabla 53.- Matriz de confusión, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2).....	81
Tabla 54.- Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)	81
Tabla 55.- Modelos de Regresión Logística MRL ZONA 1 EAAB ESP.....	82
Tabla 56.- Variables utilizadas en MRL ZONA 1 EAAB ESP	82



<i>Tabla 57.- Coeficientes de Regresión MRL ZONA 1 EAAB ESP</i>	82
<i>Tabla 58.- Prueba de hipótesis p-valor MRL ZONA 1 EAAB ESP.....</i>	83
<i>Tabla 59.- Medida de Ajuste Matriz de Confusión MRL ZONA 1 EAAB ESP</i>	83
<i>Tabla 60.- Material como variable Binaria.....</i>	88
<i>Tabla 61.- Material como variable Ficticia</i>	88



ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i>	13
<i>Ecuación 2</i>	13
<i>Ecuación 3</i>	24
<i>Ecuación 4</i>	24
<i>Ecuación 5</i>	26
<i>Ecuación 6</i>	28
<i>Ecuación 7</i>	28
<i>Ecuación 8</i>	28
<i>Ecuación 9</i>	28

1 INTRODUCCIÓN

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB ESP, es la entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital de Colombia, que actualmente cuenta con 7.2 millones de habitantes, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE Censo 2018, y si se tiene en cuenta que la Entidad presta el servicio de acueducto, de manera directa o de venta de agua en bloque, a 11 municipios vecinos del Departamento de Cundinamarca, se calcula que atiende una población cercana a los 10 millones de personas, que representan alrededor de 2.1 millones de suscriptores.

La EAAB cuenta al año 2019, con la siguiente longitud de redes para atender a sus usuarios:

RED	LONGITUD (kilómetros)
Red local de acueducto	8139.5
Red matriz acueducto	218.9
Red troncal de alcantarillado sanitario	109.9
Red local de alcantarillado sanitario	6241.4
Red troncal de alcantarillado pluvial	196.8
Red local de alcantarillado pluvial	2562.2

Tabla 1.- Longitud de redes EAAB ESP

Para la gestión comercial y operativa, la EAAB ESP, se divide en 5 zonas, de la siguiente manera:

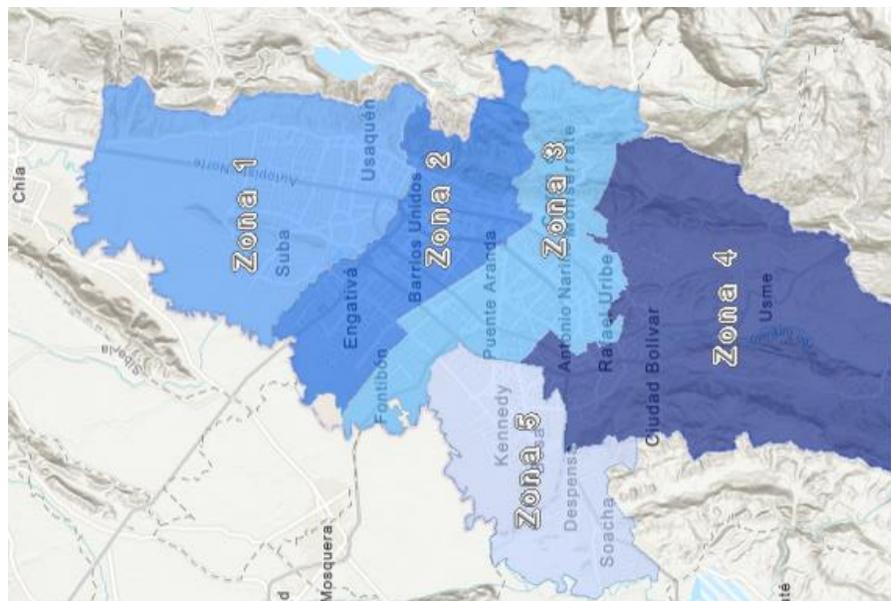


Figura 1.- Mapa de Zonas EAAB ESP. Tomado de www.acueducto.com.co

Esta investigación, se enfoca en estudiar las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB y busca predecir a partir de un modelo de regresión logística binaria, el estado estructural de los 23.554 tramos que no cuentan en la actualidad con registro sobre su estado estructural, modelo que se desarrolla con base en las inspecciones con circuito cerrado de televisión CCTV, más recientes disponibles en la Zona, estas son la realizadas por contratistas externos, durante los años 2017 y 2018, inspecciones que en todos los casos cuentan con una calificación del grado estructural de la tubería, calificación realizada conforme a la Norma Técnica de Servicio de la EAAB, vigente para el momento de la ejecución.

Es importante mencionar, que las decisiones de renovación y/o rehabilitación de sistemas de alcantarillado, no se deben soportar exclusivamente en el establecimiento del estado estructural de las tuberías, sino que es necesario abordar integralmente el problema estudiando otros factores, dentro de los que se encuentran aquellos asociados a aspectos hidráulicos, operativos, sociales, económicos, geotécnicos, constructivos, ambientales, de calidad de agua, de cambio climático, entre otros. Sin embargo, como se mencionó, el presente estudio, profundiza exclusivamente en el aspecto predictivo del estado estructural interno de las tuberías locales de alcantarillado sanitario.

Para ello, se logró recopilar 738 inspecciones, de las cuales se extrajo aleatoriamente una muestra del 80% para entrenar los modelos y el 20% para realizar las correspondientes verificaciones.

En total se desarrollaron 17 modelos, 13 de regresión logística binaria y 4 de regresión logística multinomial, 6 de estos modelos se desarrollaron teniendo en cuenta 408 CCTV, realizadas a las redes pertenecientes al polígono que limita la Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros, de acuerdo a la clasificación del Plan de Ordenamiento Territorial POT 2009 y los otros 11 modelos se desarrollaron agregando 330 CCTV que fueron realizadas a redes por fuera de la UPZ Los Cedros, pero dentro del área de prestación de la Zona 1.

El documento está organizado de la siguiente manera: el capítulo 1 incluye la introducción y los objetivos generales y específicos de la investigación; el capítulo 2 contempla el marco teórico donde se profundiza sobre la importancia de la Determinación del estado estructural de las redes de alcantarillado sanitario, las variables que pueden influir en la estimación y las metodologías más comunes para la clasificación y determinación del estado estructural, así como la Normatividad técnica aplicable en el caso de estudio; el capítulo 3 expone la metodología propuesta para la estimación del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP; en el capítulo 4 se describe el caso de estudio y los resultados encontrados al desarrollar los modelos; el capítulo 5 analiza los resultados encontrados en el capítulo 4 y compara los resultados conforme a las dos muestras estudiadas; en el capítulo 6 se presentan las conclusiones; en el capítulo 7, las recomendaciones y futuras investigaciones y los capítulos 8 y 9, las referencias bibliográficas y Anexos, que soportan el presente estudio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Desarrollar una Metodología para la estimación del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario, a partir de CCTV en un número limitado de tuberías, con fundamento en un caso de estudio desarrollado para la Zona 1 de la EAAB ESP.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Establecer el marco teórico que fundamenta los Modelos de Regresión Logística aplicados a la estimación del estado estructural de las tuberías de alcantarillado sanitario.
- Recopilar la información disponible relacionada con las variables necesarias para el estudio de Caso en un sector de la Zona 1 de la EAAB.
- Aplicar Modelos de Regresión Logística Binaria y Multinomial, a los datos del caso de estudio.
- Predecir el estado estructural de las tuberías de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP, que no cuentan con inspección, a partir del modelo de regresión logística desarrollado.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos, para establecer las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Determinación del Estado estructural de las Tuberías de Alcantarillado Sanitario

El estado estructural de las redes de alcantarillados de grandes ciudades como Bogotá, es una preocupación que se acrecienta con el paso de los años, más aún cuando la manera directa y menos costosa de conocer su grado de deterioro, es a través de inspecciones con circuito cerrado de televisión CCTV, lo que conlleva un gran reto para las administraciones encargadas de asignar los recursos, toda vez, que cuando se tienen grandes longitudes de redes, como es el caso de la EAAB ESP, pretender inspeccionar el 100% de éstas, es una meta en la práctica casi imposible de lograr.

Existen diversas tecnologías para inspeccionar las tuberías de alcantarillado, dentro de las más conocidas se encuentran:

- Tecnología de evaluación de escáner de alcantarillado (SSET), por sus siglas en inglés.
- El radar de perforación terrestre (GPR), por sus siglas en inglés.
- Sistemas de Inspección con Laser.
- Sistemas de Inspección Ultrasónica.
- Métodos de vibración de frecuencia natural y Espectro de ondas

Sin embargo, la inspección con circuito cerrado de televisión CCTV utilizando un sistema de cámara móvil, continúa siendo la más usada, por ser la más popularizada, de fácil interpretación y de mejor relación costo/beneficio, de las tecnologías actualmente disponibles. El presente estudio, se soporta, en un número limitado de resultados de inspecciones realizadas con CCTV, en el marco de la norma técnica de servicio de la EAA ESP vigente para el momento de las inspecciones, realizadas a tuberías instaladas en área de la Zona 1 de la EAAB ESP.

Al año 2019, realizar una inspección con CCTV, cuesta aproximadamente 30.000 pesos colombianos por metro lineal, incluyendo lavado de la tubería y suponiendo una colmatación inferior al 30%, es decir alrededor de 10 USD/metro lineal, y mencionamos en la introducción que la EAAB ESP, cuenta con una longitud de redes locales de alcantarillado sanitario de 6.241.448 metros, se requiere entonces un presupuesto de \$187.243.440.000 pesos colombianos, es decir alrededor de 60 millones de USD, para poder inspeccionar el 100% de las redes, y si se piensa solo en el cálculo para la zona 1, que posee 1.243.729 metros, se estima un presupuesto de \$37.311.870.000, o lo que representa aproximadamente 12 millones de USD.

La limitación presupuestal es la principal razón por la cual, pensar en inspeccionar el 100% de las redes se convierte en una tarea titánica para cualquier empresa prestadora de servicio de alcantarillado, por tanto, investigación y desarrollo en aras de una gestión proactiva y predictiva, son la salida más económica y práctica para atender el objetivo final de la inspección, que es decidir sobre la necesidad o no de intervenir las tuberías, ya sea a través de una renovación que representa el cambio

total del tramo por cualquier método constructivo conocido, o la rehabilitación puntual, que por lo general se realiza mediante técnicas de tecnología sin zanja, pero que en algunos casos, se debe acudir a la intervención tradicional a zanja abierta.

2.1.1 Significado e importancia

Pensar en la inspección del 100% de las redes de alcantarillado de un catastro como el de la EAAB ESP, es casi imposible de alcanzar, y no solo por lo presupuestal o por la viabilidad técnica que conlleva contar con una cantidad extraordinaria de recursos físicos, humanos y de tiempo, sino también por las implicaciones en decisiones gerenciales, políticas y tarifarias, toda vez que estos recursos en general, hacen parte de los presupuestos de inversión, que son autorizados vía tarifa por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA.

Igualmente, pensar en una sola variable que establezca la decisión de renovar y/o rehabilitar las redes de alcantarillado, por ejemplo, definir que se intervengan todas las redes en material gres o todas las redes con una edad superior a los 50 años, no es viable, por los excesivos presupuestos que se demandan, por tanto la importancia de desarrollar modelos predictivos a partir de un número limitado de inspecciones, cobra gran relevancia para la administración operativa, de tal manera que se pueda contar con una herramienta técnica que soporte de una manera eficiente las decisiones de intervenciones en las tuberías de alcantarillado.

Como resultado, existe una necesidad emergente de convertir efectivamente los datos en conocimiento que pueda utilizarse en un sistema automatizado de soporte de decisiones. La minería de datos, que incluye varias tareas comunes, como el aprendizaje de reglas de asociación, la clasificación y la agrupación y el aprendizaje automático, han recibido considerable atención de las comunidades de investigación y desarrollo (Minh Dang, 2018).

La falta de gestión proactiva a los alcantarillados de las ciudades, pueden acarrear problemáticas que demandan recursos superiores a los requeridos inicialmente para realizar la inspección, renovar y/o rehabilitar, aumentando el riesgo que se produzcan daños a los bienes que se encuentran cerca de las tuberías. Razón por la cual, es de gran relevancia para las Empresas prestadoras, fomentar una Gestión Proactiva de los activos del alcantarillado.

Con relación a la importancia de este tema en la EAAB ESP, es tal, que no poseer un procedimiento sistemático para la Inspección y procesamiento de la información de las inspecciones a las redes de alcantarillado, se encuentra identificado como una No Conformidad, en el marco de las Auditorías Internas del Subsistema de Gestión de Calidad conforme a la NTC-ISO 9001:2015, razón por la cual, la Dirección de Ingeniería Especializada de la empresa, lidera los esfuerzos por implementar y retomar procesos de gestión integral del Alcantarillado, actualmente se encuentran en una primera fase de diagnóstico, recopilación de inspecciones históricas y georreferenciación de las mismas; por tanto, se considera que el presente estudio, aporta un desarrollo progresivo frente a la

gestión de la entidad, que proporciona conceptos y nociones prospectivas de alternativas, que la EAAB, puede explorar para aplicar a la información que se encuentra recopilando.

2.1.2 Variables que pueden influir en la determinación del estado estructural

El estudio de este problema involucra un importante número de variables que, en general, son el resultado de las experiencias, estudios y modelaciones numéricas y de los resultados obtenidos. Así mismo, se han establecido criterios y procedimientos para los análisis y estudios de los sistemas de alcantarillado, que han permitido el planteamiento de metodologías de estudio que involucran, cada vez con mayor fuerza, los sistemas de información geográfica y las herramientas informáticas, útiles para el análisis detallado de escenarios relacionados con diversas hipótesis y criterios de optimización. Matamoros (2017).

Son varias las dificultades que enfrentan los investigadores al abordar cualquiera de las metodologías que buscan establecer el estado estructural de las tuberías de alcantarillados, entre las más relevantes son las asociadas al trabajo de definir las variables que inciden en el deterioro de las tuberías, porque si bien se sabe que son muchas más que las que se pueden modelar, existen limitaciones para poder tenerlas a todas o a la gran mayoría en cuenta, algunos de estos obstáculos se relacionan a continuación:

- Acceso a la información de la Empresa prestadora del servicio de alcantarillado
- Validez, consistencia y coherencia de la información
- Capacidad de interpretación de la información recopilada

Sin embargo, como en toda modelación de hidrosistemas, se busca interpretar un fenómeno real, de la manera menos compleja posible, es decir que se pueda establecer el modelo más parsimonioso, en ese sentido, en el presente estudio se logró recopilar información correspondiente a dos tipos de variables, las independientes y las dependientes, las primeras se pueden definir como autónomas y su valor no depende de las otras, mientras que las variables dependientes, su valor se encuentra intrínsecamente relacionada en menor o mayor medida, con las variables dependientes, en este estudio se hace referencia a éstas, como X y Y, respectivamente.

Todas las variables dependientes o predictoras, tenidas en cuenta en este estudio, se describen en detalle en el numeral 3.2.3, sin embargo, a continuación, se exponen unos datos relevantes que se tuvieron en cuenta, para las Variables Edad, Subsistencia de los Suelos y Avisos de Mantenimiento del Alcantarillado Sanitario.

2.1.2.1 Edad

La Edad para Matamoros (2017), es el número de años o meses del conducto desde la fecha de habilitación o puesta en servicio hasta la fecha de análisis.

La edad para este estudio se define como el tiempo en años, transcurrido desde la fecha de instalación de cada una de las tuberías, hasta la fecha de realización de la inspección, en el caso de los tramos

inspeccionados, y para aquellos que no se encuentran inspeccionados y que fueron sujetos a predicción de su estado estructural, la edad se calculó como el tiempo en años, contado desde la fecha de instalación, hasta diciembre del año 2018, fecha a la cual se tiene actualizada la base de datos utilizada en el estudio.

Según documento Nuestra Historia EAAB, en el siglo XIX la responsabilidad de construir alcantarillado fue asumida por el municipio y se prohibieron las acequias que corrían a cielo abierto por las calles, desde la época de la colonia, cuando la sección transversal de las calles y carreteras tenían la forma de batea o artesa, con la parte más honda en el centro por donde corría un caño revestido por lajas de piedra y los habitantes arrojaban las aguas residuales y las basuras que corrían por toda la ciudad y la lluvia era la encargada de realizar la limpieza. A partir de la segunda década del siglo XX, se ordenó cubrir los lechos de los ríos San Francisco y San Agustín, constituyéndose en la obra precursora para el alcantarillado Moderno. Con las ideas renovadoras de la planificación urbana, las cuales se impulsaron en 1948, que se diseñó el Plan Piloto de Desarrollo Urbano dando inicio a los estudios de los colectores troncales y canales para el drenaje adecuado del área urbana, es así como en 1955 nace la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Del párrafo anterior, podemos establecer que la edad máxima que puede tener una red de alcantarillado en la ciudad de Bogotá, en los sectores más antiguos, está alrededor de los 70 años, esta información es de utilidad para definir un criterio al momento del análisis y depuración de la base de datos obtenida.

2.1.2.2 Subsistencia

La Subsistencia es el hundimiento o asentamiento del terreno debido a diversas causas, las causas pueden atribuirse a procesos naturales y antropogénicos, Poland (1972). El término genérico de subsistencia hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre continental o submarina. La subsistencia terrestre es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas. Corapcioglu (1984) y Tomas (1999). Mora (2018).

La subsistencia de origen antropogénico es consecuencia de procesos tales como retiro de fluidos (extracción), sustracción de cuerpos sólidos (construcción de túneles o minería), cambios en el drenaje del agua superficial y carga de sedimentos Raucoules (2007), Yuill, (2009) y en algunos casos puede llegar a afectar edificios e infraestructura urbana. Mora (2018).

Aunque se han hecho algunos esfuerzos para establecer los valores asociados a la subsistencia, solo hasta hace unos pocos años, se inició un programa de seguimiento con el propósito de determinar cuantitativamente el estado actual de la subsistencia en la Sabana de Bogotá, adelantado por el Servicio Geológico Colombiano a través del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales -GIGE de la Dirección de Geoamenazas, mediante el uso de tecnologías espaciales. Mora (2018).

El mapa mostrado en la figura 2, muestra el mapa de calor resultado de los estudios del GIGE, empleando el sensor SENTINEL-1 para el periodo diciembre 2014 a noviembre 2016, en azul se observan, las zonas que presentan mayor subsidencia. SGC-GIGE (2018)

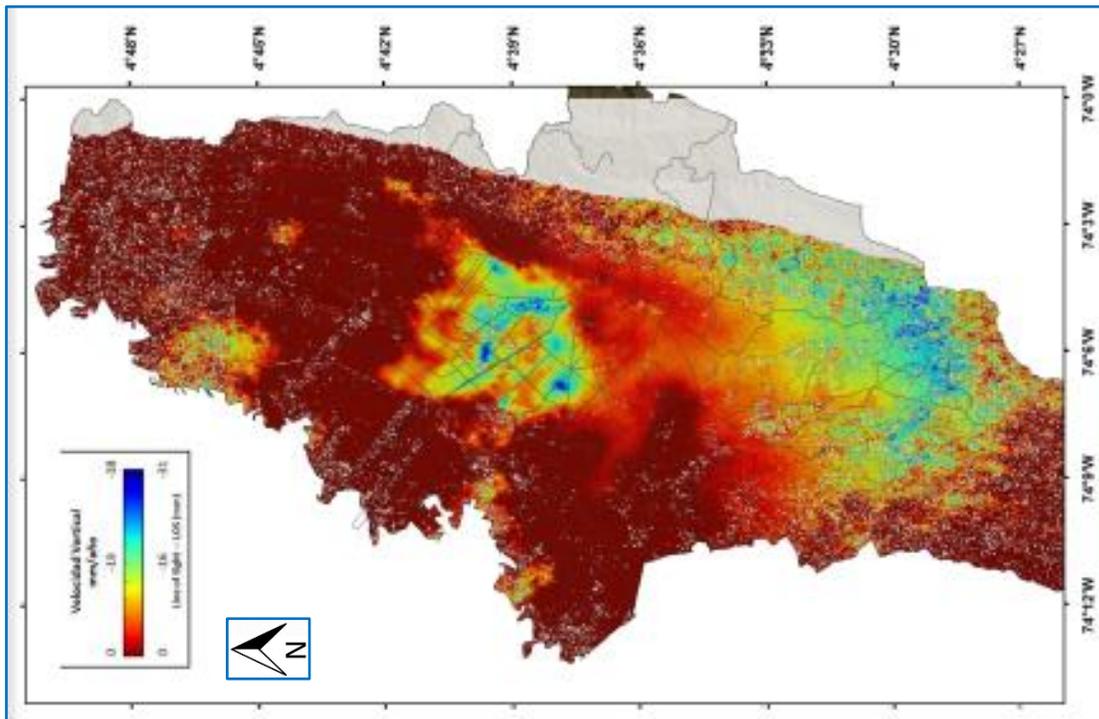


Figura 2.- Mapa Subsidencia Bogotá, tomado de Mora (2018).

Como se observa en el mapa de la Figura 2, el estudio realizado por el Servicio Geológico Colombiano, encontró que la Zona Norte de la ciudad de Bogotá, área objeto del presente estudio, no representa un sector crítico dentro del análisis de subsidencia, es decir no obtuvo valores altos de subsidencia del suelo, como si ocurre en sectores del occidente de la ciudad.

Sin embargo, teniendo en cuenta que el asentamiento del suelo es un factor que puede afectar directamente el estado estructural de la infraestructura subterránea instalada y que se obtuvo, datos de Subsidencia para el área de cobertura de la Zona 1 de la EAAB ESP, en el numeral 3.2.2, se explica de qué manera se procesa y utiliza dicha información.

2.1.2.3 Avisos de mantenimiento del Alcantarillado Sanitario, de los últimos 10 años

En el mantenimiento se consideran todas las acciones que se deben realizar sobre los activos del sistema de alcantarillado para garantizar su adecuado funcionamiento. La primera y primordial razón por la cual se debe ejecutar el mantenimiento es porque se debe mantener la salubridad pública, disminuir los riesgos a la comunidad y garantizar su movilidad, consigna que coincide plenamente

con los objetivos del sistema de alcantarillado. Otra razón es la económica; todo sistema de alcantarillado implica una alta inversión inicial en su construcción y reemplazarlo representaría un costo aún mayor; por este motivo mantenerlo adecuadamente garantiza prolongar su vida útil y ahorrar en inversiones de sustitución, suficiente para afirmar que realizar una gerencia de los activos es imperativo. Mantener su capacidad hidráulica es otra razón de peso para hacer mantenimiento, pues así se evitan inundaciones y vertimientos de aguas residuales a las áreas construidas, como sótanos y vías. Matamoros (2017).

Para el presente estudio, se utilizaron 61578 avisos de mantenimiento de alcantarillado, atendidos durante el periodo 2008 a 2018, por la División de Servicio de Alcantarillado de la Zona 1. La tipología, según el grupo general, se muestran en la tabla 2.

Tipología	Cant. Avisos
Alcantarillado limpieza	14811
Alcantarillado Reconstrucción	670
Alcantarillado Sondeo	27749
Daños sistema alcantarillado	11277
Otros daños -actividades alcantarillado	7071
Total general	61578

Tabla 2.- Tipología Avisos Mantenimiento Alcantarillado 2008-2018 Zona 1 EAAB ESP.

Este listado de avisos de mantenimiento, se georreferencia y mediante un geoproceto en ArcMap de ArcGIS, se asigna a cada uno de los 24.292 tramos que componen la base de datos depurada para este estudio, según numeral 3.2.3. Los 61.578 avisos de mantenimiento georreferenciados, se muestran en la Figura número 3.

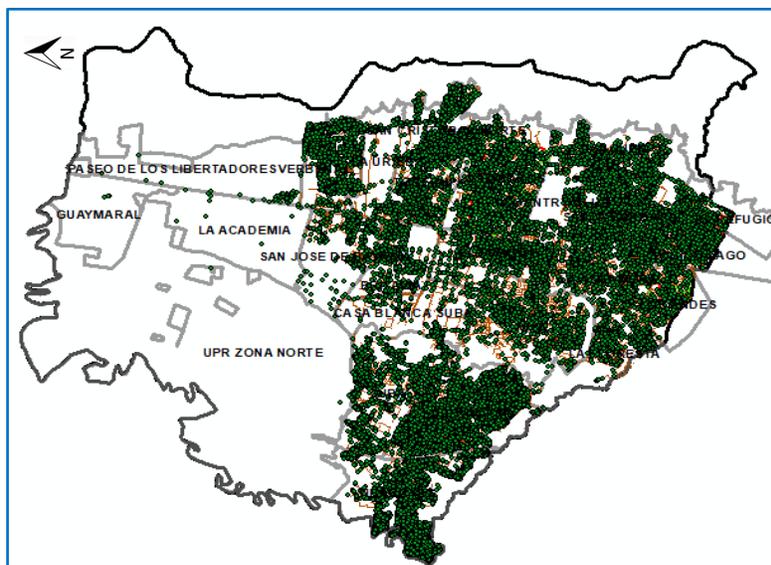


Figura 3.- Mapa de Avisos de Mantenimiento de Alcantarillado 2008-2018 Zona 1 EAAB ESP

VARIABLES dependientes adicionales, que no fueron incluidas en este estudio, pero que pueden influir en la determinación del estado estructural de una tubería de alcantarillado y que, en los diferentes artículos internacionales consultados, se han tenido en cuenta son:

- Nivel Freático
- Tipo de vía
- Tipo de suelo
- Tipo de cimentación
- Cota Batea
- Cota Rasante
- Cota Clave
- Nivel Flujo agua
- Caudal
- Cercanía a Recursos Hídricos
- Cercanía a Recursos Hidráulicos
- Procesos de instalación
- Tipo de cimentación

No obstante, a conocer que el problema de deterioro del estado estructural de las tuberías, es complejo y se encuentra afectado por una gran cantidad de variables independientes, es necesario entender y desarrollar el modelo, de la forma más sencilla posible, de tal manera que se interprete la realidad a través del menor número de variables predictoras, entendiendo que las mismas, propagan la incertidumbre al modelo, dependiendo del origen de su información; sin embargo, se debe tener especial cuidado, en no simplificar en extremo, perdiendo información relevante para la comprensión del fenómeno, es ahí, donde es importante adicionalmente, la experiencia y experticia del modelador, para interpretar los resultados y tomar las decisiones adecuadas, con respecto a la eliminación de variables que estadísticamente no se consideran significativas en el proceso.

2.1.3 Tipos de modelos para la determinación del estado estructural

Según Ana and W. Bauwens (2010), la falla estructural del alcantarillado se puede subdividir en tres etapas básicas:

- Defecto inicial: por agrietamiento debido a una carga vertical excesiva o mala colocación de cimentación de la tubería, por malas prácticas de construcción o por daños causados al hacer las conexiones.
- Deterioro: implica el deterioro del propio material de alcantarillado, por erosión del material de la junta y el mortero (especialmente en las alcantarillas de ladrillo) o por la corrosión del concreto debido al sulfuro de hidrógeno. El deterioro también podría involucrar la migración del suelo debido

a la infiltración o exfiltración de las alcantarillas agrietadas, lo que lleva a la pérdida de tierra y la reducción del apoyo alrededor de la alcantarilla.

- Colapso: esto a menudo se desencadena por algún evento aleatorio después de que el alcantarillado se ha deteriorado lo suficiente como para que el colapso sea probable.

Cuando se quiere conocer el estado estructural de uno o algunos tramos específicos de alcantarillado, frecuentemente se realiza la inspección directa a través de circuito cerrado de televisión o de la tecnología de preferencia del prestador, sin embargo, cuando el objetivo es predecir el estado estructural de una muestra significativa de tuberías instaladas tiempo atrás, y que además solo se cuenta con un número limitado de inspecciones; como se expuso en el numeral 2.1.2, existen diversas variables que pueden afectar el resultado, definir las es en general, la primera etapa del proceso, luego se trata de consolidar una base de datos con la mayor cantidad de información posible, asociada a cada uno de los tramos, posteriormente es necesario aplicar una metodología que permita procesar esta información y buscar obtener resultados que puedan acercarse de una manera confiable a la predicción del estado estructural, estos trabajos van, desde modelos estadísticos de los datos, como es el caso del presente estudio, hasta modelos con base en inteligencia artificial.

Los modelos basados en la inteligencia artificial imitan la habilidad de la mente humana para razonar y aprender en circunstancias de incertidumbre e imprecisión. Hoffman (2005). Por lo tanto, este método puede manejar problemas complejos, que no pueden describirse mediante modelos analíticos y exactos, como los modelos físicos, en los cuales se establece mediante pruebas directas el estado estructural; varias metodologías caen en el dominio de la inteligencia artificial, algunos ejemplos de técnicas de inteligencia artificial aplicadas al modelado de deterioro de tuberías incluyen redes neuronales Tran (2007), teoría de conjuntos difusos Kleiner (2006), sistemas expertos Merrill (2004) y simulación basada en reglas Ruwanpura (2004). A pesar de los aspectos positivos de la inteligencia artificial, estos métodos se consideran "cajas negras", por lo que tienen una capacidad limitada para identificar relaciones causales explícitamente posibles Tu (1996). El hecho de que estos métodos también requieran mayores recursos computacionales y tengan una gran demanda de datos, aumenta aún más sus inconvenientes. Ana and W. Bauwens (2010).

Dadas las dificultades de los modelos basados en inteligencia física y artificial, y en vista del tipo de datos comúnmente disponibles (es decir, calificaciones de condición de tubería), se desarrollan modelos estadísticos que relacionan los datos de clasificación de condición, con el deterioro de la tubería. De hecho, estas metodologías se han aplicado no solo a las tuberías de drenaje urbano, sino también a otras infraestructuras, como pavimentos de carreteras Kulkarni (1984), puentes Ariaratnam (1994) y gasoductos Harwood (1982). Ana and W. Bauwens (2010).

Los modelos estadísticos se pueden subdividir en dos grupos: modelos de grupos de tuberías y modelos de niveles de tuberías. Los modelos de grupos de tuberías consideran redes enteras o cohortes, siendo estas, parte de la red del mismo período de construcción que comparten características similares, como el material, el diámetro y el tipo de cimentación, que se presume

influyen en su deterioro Herz (2002). Por otro lado, los modelos de nivel de tubería toman directamente en cuenta las propiedades o características individuales de las tuberías, como covariables en la predicción de su deterioro individual. En la siguiente tabla Ana and W. Bauwens (2010), resume las técnicas o metodologías más comunes para determinar el estado estructural de las tuberías:

Physical models	Artificial intelligence models	Statistical models
ExtCorr (Konig 2005)	Neural networks (Tran <i>et al.</i> 2006)	Cohort survival model (Baur <i>et al.</i> 2004)
	Fuzzy set theory (Kleiner 2006)	Markov chain (Wirahadikusumah <i>et al.</i> 2001, Micevski <i>et al.</i> 2002, Baik <i>et al.</i> 2006, Le Gat 2008)
	Rule-based simulation (Ruwanpura <i>et al.</i> 2004)	Semi-Markov (Kleiner 2001)
	Expert system, e.g. SCRAPS (Merill <i>et al.</i> 2004)	Logistic regression analysis (Ariaratnam <i>et al.</i> 2001) Multiple discriminant analysis (Tran <i>et al.</i> 2006)

Tabla 3.- Clasificación de Modelos de deterioro. Tomado de Ana and W. Bauwens (2010)

Esta investigación, profundiza en el estudio de modelos estadísticos, específicamente en modelos de regresión logística, de tipo binaria y multinomial. No obstante, luego de desarrollar 17 modelos, 13 de regresión logística binaria y 4 de regresión logística multinomial, se selecciona, un modelo de regresión logística binaria para establecer la predicción del estado estructural de los 23.554 tramos que cuentan con CCTV.

Otros de los modelos estadísticos también utilizados por los investigadores, hacen referencia al Modelo de supervivencia de la cohorte y el Cadenas de Markov, que se explican a continuación.

2.1.3.1 El modelo de supervivencia de la cohorte

En este modelo estadístico, el proceso de deterioro del alcantarillado está representado por un modelo de supervivencia de cohortes, se considera que las alcantarillas de una cohorte atraviesan diferentes estados de condición, desde la mejor (buena como nueva) hasta la peor (falla) durante la duración de su servicio; además, se supone que las alcantarillas sobreviven varios años dentro de una condición particular con alguna probabilidad, y la transición de las alcantarillas de una condición a la siguiente, es representada por las curvas de supervivencia de la condición, conocidas como funciones de transición o curvas. Ana and W. Bauwens (2010).

Por lo tanto, en el modelo de supervivencia de cohortes, el deterioro de las redes de alcantarillado, se formaliza como una transición sucesiva entre estados de condición, de mejor a peor estado Baur (2004). La función de transición de la condición i a $i+1$, está dada por la función de supervivencia de la distribución de Herz (Herz 1996):

$$S(t)_{i \rightarrow i+1} = \frac{a_{i \rightarrow i+1} + 1}{a_{i \rightarrow i+1} + e^{b_{i \rightarrow i+1}(t - c_{i \rightarrow i+1})}}$$

Ecuación 1

donde $S(t)_{i \rightarrow i+1}$ es la fracción de tuberías (basa en la longitud) a la edad t que ha sobrevivido hasta la condición i o mejor ($i=1$ a m), como es el factor de envejecimiento (no se produce envejecimiento cuando $a=0$), b es el parámetro de transición (cuanto más grande, más rápida es la transición) y c es el tiempo de resistencia. Ana and W. Bauwens (2010).

A pesar del potencial de los modelos de supervivencia de cohortes, no es fácil de desarrollar. La principal dificultad en el desarrollo de este modelo es su necesidad de un extenso conjunto de datos Fenner (2000).

2.1.3.2 Modelos de Cadenas de Markov

Los modelos de Markov ofrecen un potente algoritmo para el modelado de deterioro de tuberías. El concepto no solo es simple, sino que, lo que es más importante, su estructura permite modelar eventos complejos y secuenciales, como el deterioro de tuberías. Además, los resultados de la mayoría de los modelos de Markov (es decir, condición de probabilidad de estado) atienden directamente las necesidades del enfoque basado en el riesgo en la gestión de activos, donde el riesgo se calcula como el producto de la probabilidad de falla y el costo de la consecuencia de la falla. Esto permite la clasificación de las tuberías de acuerdo con el nivel de riesgo en el que pueden basarse decisiones como las próximas inspecciones de CCTV o la reparación y rehabilitación. Ana y Bauwens (2010).

De acuerdo con Ana and W. Bauwens (2010), una cadena de Markov representa un proceso estocástico X en tiempo discreto, donde la probabilidad condicional del estado futuro, en el momento $t + \Delta t$, solo depende del estado presente, en el tiempo t (Ross 2000). Esto significa que la descripción del estado actual captura por completo toda la información que influye en la evolución futura del proceso. En términos matemáticos, esta propiedad se puede expresar, para todos los estados $i_0, i_1, i_{t-1}, i_t, i_{t+1}$, y todo $t \geq 0$, como:

$$P(X_{t+1} = i_{t+1} | X_t = i_t, X_{t-1} = i_{t-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0) = P(X_{t+1} = i_{t+1} | X_t = i_t)$$

Ecuación 2

2.1.4 Normatividad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB ESP.

La EAAB ESP, a través del equipo de ingenieros de la Dirección de Ingeniería Especializada DIE, trabaja permanentemente en la actualización de las normas técnicas de la entidad, y en la flexibilización y adaptación de éstas a los cambios, a la experiencia y capacidad de implementación, así como la adopción de nuevas tecnologías. Es así, como en el desarrollo del presente estudio, se dio un cambio en la normatividad de la EAAB, relacionada con la inspección de redes de alcantarillado con circuito cerrado de televisión, por tanto, a continuación, se presenta un cuadro comparativo de la Norma Técnica de Servicio NS-58 “ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y CALIFICACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO CON EQUIPOS DE CCTV” versión 2010 y 2019, que incluye aportes realizados por la DIE.

	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
ALCANCE	Calificación estructural y operacional de los defectos.	Calificación Estructural y operacional/mantenimiento de los defectos y observaciones codificadas
FUNDAMENTO TEÓRICO	- MANUAL DE REHABILITACIÓN DE ALCANTARILLADO, Cuarta edición, Volumen I Planificación de rehabilitación. WRC, 2000 (Reino Unido)	- ASOCIACIÓN DE NORMAS CANADIENSES (CSA). Guía técnica - Inspección visual de la tubería de alcantarillado. PLUS 4012-10. Mississauga, Ontario, Canadá: (CSA 4012-10)
	- NORMAS TÉCNICAS DE LA INDUSTRIA DEL AGUA, Especificación No: 95-038.1, Inspección de CCTV de alcantarillado	- CENTRO DE EXPERTICIA E INVESTIGACIÓN EN INFRAESTRUCTURA URBANA (CERIU). Guía Comprender e interpretar el Protocolo de inspección de televisión PACP. Gobierno de Quebec, Ministerio de Asuntos Municipales, Regiones y Ocupación de la Tierra. Montreal, Quebec, Canadá: (CERIU, 2012)
	- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials o ASTM International)	- CIUDAD DE BALTIMORE DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS. Especificaciones estándar: materiales, carreteras, puentes, servicios públicos y estructuras incidentales. Especificación 333113.01.

	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
		Baltimore, Maryland, EE. UU: (Baltimore DPW, 2006)
		- ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO (NASSCO). Evaluación de tuberías y Programa de certificación. Marriottsville, Maryland, EE. UU. UU: (NASSCO PACP)
		- Evaluación de la condición de la tubería mediante CCTV. Directriz de especificación de rendimiento. Marriottsville, Maryland, EE. UU. UU: (NASSCO, 2014)
		- COMISIÓN SANITARIA SUBURBANA DE WASHINGTON (WSSC). Especificaciones estándar Sección 02956 Inspección de circuito cerrado de televisión de alcantarillas, pozos y domiciliarias. Laurel, Maryland, EE. UU: (WSSC 2013)
		- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA NORMALIZACIÓN (ISO). Elementos de datos y formatos de intercambio - Intercambio de información - Representación de fechas y horas. Génova, Suiza: (ISO 8601)



	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
EJECUCIÓN CCTV	Solo permite el uso del software CUES Granite, el cual no es flexible, y genera archivos que no son compatibles con otros software. El operador tiene la autonomía de calificar los defectos conforme su experticia y posteriormente concluir sobre un grado estructural y operacional de 1 a 5, para los cuales la norma establece su respectivo diagnóstico e intervención recomendada.	Pueden utilizarse Software compatibles y certificados para codificación PACP-NASSCO, donde el operador codifica los defectos y el PACP tiene dos calificaciones PACP Quick Rating y el Índice de Calificación, al final se hace un reporte de recomendaciones. Posteriormente se debe realizar un análisis detallado del riesgo teniendo en cuenta una cuantificación de la consecuencia de falla de dichos tramos, para definir la intervención
GRADOS ESTRUCTURALES Y RECOMENDACIONES	1 = Se recomienda realizar nueva inspección en un plazo de 4 a 5 años, para verificar el estado estructural del tramo	1 y 2 = Atención programable a largo plazo
	2 = Se recomienda realizar las acciones de mantenimiento con el fin de corregir los daños encontrados y hacer nueva inspección en un plazo de 3 a 4 años para analizar el riesgo estructural.	
	3 = Se deben realizar acciones de mantenimiento que permitan corregir los defectos priorizándolos de acuerdo con la gravedad o calificación; se recomienda realizar nueva inspección en un plazo de 2 a 3 años para verificar con el resultado, las acciones realizadas y que no se ha incrementado el riesgo estructural.	3 = Atención programable a corto plazo

	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
	<p>4 = Se deben tomar medidas preventivas o correctivas realizando acciones de mantenimiento que impidan una propagación del daño; priorizando los defectos según la gravedad o calificación. Programar nueva inspección en un plazo de 1 a 2 años para analizar el resultado de las acciones ejecutadas.</p> <p>5 = Se deben ejecutar las acciones de saneamiento necesarias, de carácter urgente; para dejar en operación el tramo afectado. Se debe analizar la posibilidad de una reposición o rehabilitación total o puntual del tramo.</p>	4 y 5 = Atención Inmediata
GRADOS OPERACIONALES Y RECOMENDACIONES	1 = Se recomienda realizar nueva inspección en un plazo de 2 a 3 años, para verificar el estado operacional del tramo.	1 y 2 = Atención programable a largo plazo
	2 = Se recomienda realizar las acciones de mantenimiento con el fin de corregir los daños más importantes, y hacer una nueva inspección en un plazo de 1 a 2 años para analizar el riesgo operacional.	
	3 = Se deben realizar acciones mantenimiento que eviten el fallo de la operación del sistema. Se recomienda realizar una nueva inspección en un plazo de 1 año para verificar el resultado de las acciones.	3 y 4 = Atención programable a corto plazo

	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
	4 = Se deben tomar medidas correctivas que impidan una propagación del daño. Programar una nueva inspección en un plazo de 8 a 12 meses para analizar el resultado de las acciones ejecutadas	
	5 = Se deben tomar medidas de emergencia y ejecutar las acciones de limpieza y desobstrucciones necesarias, de carácter urgente para dejar en operación el tramo afectado. Se recomienda realizar inspección de redes aledañas para determinar la causa de la colmatación.	5 = Atención inmediata
VENTAJAS	Claridad en la definición del diagnóstico	Minimiza subjetividad en la calificación de la inspección
	Claridad en la definición de la intervención	Archivos compatibles con ArcGis, mayor flexibilidad y compatibilidad del Software usado para la inspección.
	Fácil comprensión en la ejecución e informe de inspección	Respaldo internacional
		Reduce significativamente manipulación de archivos de trabajo y resultados
		modernización empresarial
		Minimiza dependencia en criterio de operador
DESVENTAJAS	Subjetividad al valorar inspección	No en la inspección en sí, pero en la evaluación posterior, para

	NS 58 / 2010	NS 58 / 2019
	Sobrevaloración de la inspección	definir la intervención a la tubería inspeccionada, puede darse subjetividad en el análisis de riesgo y cuantificación de consecuencia de falla, que hagan los responsables de esta actividad, a los tramos con recomendación "Atención inmediata" y "Atención programable a corto plazo".
	No incluye nuevas tecnologías	
	Software no compatible con actualizaciones del sistema operativo Office.	
	Responsabilidad recae en operador	
	Archivos no compatibles con ArcGis	

Tabla 4.- Cuadro comparativo NS-58 V2010 vs V2019, elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, son más las ventajas que desventajas que conllevan la nueva norma, en términos de beneficios y de mitigar la subjetividad que existía en la versión anterior, en cuanto a la delegación de un alto grado de responsabilidad en el operador del CCTV, en su capacidad y experticia para emitir una calificación, sin embargo, es un reto aún para la EAAB ESP, trabajar en la implementación efectiva de esta norma, ampliando capacitaciones al personal externo e interno, quienes participan de la ejecución y procesamiento de las inspecciones, así como internamente desarrollar en detalle, las metodologías y matrices de análisis de riesgos que deben usar los ingenieros encargados de la compilación, análisis de resultados y toma de decisiones para las intervenciones a que hayan lugar, no obstante, como lo aclara la DIE, el análisis de riesgos y cuantificación de consecuencias de falla, no es alcance de esta norma y debe ser evaluado asumiendo diferentes criterios dependiendo del tipo de proyecto.

A continuación, se presentan los aspectos y lineamientos, que se consideran más relevantes dentro de la nueva versión de la Norma técnica de la EAAB, la NS-58 vigente desde el 18 de octubre de 2019;

2.1.4.1 Objetivo de la investigación de redes con CCTV

La investigación de redes con equipos CCTV de la red de alcantarillado es el proceso de examinar y registrar la condición interna de la tubería para identificar:

- Condiciones actuales de la tubería incluyendo cualquier problema de instalación, operacional/mantenimiento, o estructural existente en la red en una ubicación aproximada.
- Calidad y longitud de trabajos de reparación o renovación de redes con métodos sin zanja o a zanja abierta.
- Conexiones ilegales o erradas en el servicio de alcantarillado (pluvial o sanitario).

- Puntos de infiltración en la red de aguas residuales.
- Posibles puntos de exfiltración, escape, o vertimientos de aguas residuales.
- Métodos apropiados para el mantenimiento, reparación, o renovación de la red.

2.1.4.2 Requisitos para La ejecución de La videoinspección

El personal responsable de la inspección debe tener conocimientos técnicos sobre construcción, operación y materiales de las redes de alcantarillado, así como tener amplia experiencia en campo para este tipo de labores.

Diámetro*	Nivel del flujo	Opción de Tecnología(s)**
Desde 4" hasta 6" (100 – 150 mm)	Hasta 20% del diámetro	a) Videocámara de empuje
Mayor de 8" hasta 15" (200 – 375 mm)	Hasta 20% del diámetro	a) Tractor de orugas o ruedas con CCTV tradicional o HD b) Equipo de escaneo lateral
	Mayor al 20% del diámetro	a) Requiere control de flujo y/o derivación
Mayor de 15" hasta 36" (375 – 900 mm)	Hasta 25% del diámetro	a) Tractor de orugas o ruedas con CCTV tradicional o HD b) Equipo de escaneo lateral
	Entre 25% y 60% del diámetro	a) Balsa CCTV tradicional o HD b) Balsa multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/Gas
Mayor de 36" hasta 48" (900 – 1200 mm)	Hasta 30% del diámetro	a) Tractor de orugas o ruedas con CCTV tradicional e iluminación especial/adicional
	Entre el 30% y el 60% del diámetro	a) Balsa CCTV tradicional o HD b) Balsa multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/Gas
Mayor de 48" hasta 72" (1200 – 1800 mm)	Hasta 30% del diámetro	a) Tractor de orugas o ruedas con CCTV tradicional o HD e iluminación especial/ adicional b) Tractor de orugas o ruedas con multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/LIDAR/ Gas
	Entre 30% y 70% del diámetro	a) Balsa multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/Gas
Mayor a 72" (1800 mm)	Hasta 30% del diámetro	a) Tractor de orugas o ruedas con CCTV HD e iluminación especial/ adicional b) Tractor de orugas o ruedas multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/LIDAR/Gas c) Inspección directa con entrada de personal y CCTV HD e iluminación especial/adicional
	Entre 30% y 70% del diámetro	a) Balsa multisensor CCTV/Sonar/Perfil Laser/Gas

Tabla 5.- Criterios de selección de equipos para videoinspección de alcantarillado. Tomado de la NS-58 EAAB ESP

2.1.4.3 Identificación y Codificación de defectos u observaciones por tramo

La identificación y codificación de defectos u observaciones debe realizarse siguiendo los lineamientos establecidos en el estándar PACP-NASSCO.

Requisitos para el inicio de la codificación:

- No deben codificarse defectos u observaciones que sean parte de la estructura de entrada (ej. pozo de inspección).
- La codificación de defectos debe realizarse desde el momento que el contador de distancia longitudinal comience con 0.0 m.
- El contador de distancia longitudinal debe reiniciarse en el momento que el lente de la videocámara llegue a la pared del pozo inicial como se muestra en la Ilustración 5. Lo anterior produce consistencia en las mediciones y evita distorsión de medidas debido al ángulo de visión del lente.

- Los dos primeros códigos deben ser: el código para el punto de acceso y el código de nivel de agua (MWL), tal y como lo exige el estándar PACP-NASSCO.

2.1.4.4 Requisitos Para calificaciones por tramo y recomendaciones

Los trabajos de videoinspección de redes deben generar calificaciones estructurales, operacionales/mantenimiento y combinadas (estructural + operacional/mantenimiento), por medio del cómputo de los grados dados a los códigos de videoinspección.

Dichos grados están dispuestos del 1 al 5, siendo 5 el grado con mayor severidad y 1 el grado de menor severidad. Por ejemplo, la codificación de un colapso de tubería (Código “X” en PACP) representa la asignación de un defecto grado 5 en la videoinspección.

Estos grados están preestablecidos para cada código en el estándar PACP-NASSCO, y el software de videoinspección debe realizar la asignación de dichos grados y calificaciones automáticamente sin intervención de los operarios. La EAAB-ESP no acepta bases de datos o reportes de inspección con calificaciones hechas a mano o calculadas manualmente por el operario o ingeniero.

Para el análisis de las calificaciones por tramo, la EAAB-ESP utiliza el tipo de calificación conocido como ‘Calificación Rápida PACP’, y conocida en inglés como ‘PACP Quick Rating’, la cual está compuesta de cuatro caracteres organizados de la siguiente manera:

Caracter No. 1	Caracter No. 2	Caracter No. 3	Caracter No. 4
Grado más alto de la videoinspección.	Número de veces que el grado más alto se repite. En caso de ser superior a 9, el software debe emplear letras de acuerdo con estándar PACP-NASSCO.	Siguiente grado más alto de la videoinspección.	Número de veces que el siguiente grado más alto se repite. En caso de ser superior a 9, el software debe emplear letras de acuerdo con estándar PACP-NASSCO.

Tabla 6.- Descripción de los Caracteres de la Calificación ‘Quick Rating’ de PACP. Tomado de la NS-58 EAAB

Caracter No. 1	Caracter No. 2	Caracter No. 3	Caracter No. 4
4	2	2	1
El grado más alto encontrado en la videoinspección es 4	El grado 4 se repite 2 veces en toda la videoinspección	El siguiente grado más alto en la videoinspección es 2	El grado 2 sólo aparece 1 vez en toda la videoinspección

Tabla 7.- Interpretación de una Calificación Ejemplo (Calificación = 4221). Tomado de la NS-58 EAAB ESP

Es importante tener en cuenta que las Calificaciones Rápidas PACP sólo deben tener cuatro caracteres, por lo tanto, si el número de veces que se repite un grado es mayor a 9, la calificación debe cumplir los requisitos de nomenclatura en letras establecidos en el estándar PACP-NASSCO.

La Calificación Rápida PACP (PACP Quick Rating) debe ser reportada para la evaluación estructural, operacional/mantenimiento y combinada (estructural + operacional/mantenimiento).

2.1.4.5 Reporte de Recomendaciones

Cada entrega de información a la EAAB-ESP debe incluir un reporte de recomendaciones basado en la Calificación Rápida PACP. Para generar dicho reporte el contratista debe suprimir los caracteres 2, 3 y 4, y agrupar las calificaciones en base al grado más alto encontrado en la videoinspección. El reporte debe incluir las siguientes secciones:

Cuadro resumen de las Calificaciones Rápidas PACP estructural y operacional/mantenimiento (por separado) con el siguiente contenido.

Listado de tramos con grado estructural 5 y 4 para “Atención Inmediata” y listado separado de tramos con grado estructural 3 “Atención Programable a Corto Plazo”.

Listado de tramos con grado operacional/mantenimiento 5 para “Atención Inmediata” y listado separado de tramos con grado operacional/mantenimiento 4 y 3 “Atención Programable a Corto Plazo”.

Grado Estructural más Alto encontrado	Número de tramos con dicho Grado Estructural	Recomendación
5		Atención Inmediata
4		
3		Atención Programable a Corto Plazo
2		Atención Programable a Largo Plazo
1		

Tabla 8.- Cuadro resumen de las clasificaciones rápidas PACP (Estructural). Tomado de la NS-58 EAAB ESP

Grado Operacional/Mantenimiento más Alto encontrado	Número de tramos con dicho grado operativo	Recomendación
5		Atención Inmediata

4		Atención Programable a Corto Plazo
3		
2		Atención Programable a Largo Plazo
1		

Tabla 9.- Cuadro resumen de las clasificaciones rápidas PACP (Operación/Mantenimiento). Tomado de la NS-58 EAAB ESP

Todas las recomendaciones de “Atención Inmediata” y “Atención Programable a Corto Plazo” deben considerarse por la EAAB-ESP una vez se realice un análisis detallado del riesgo teniendo en cuenta una cuantificación de la consecuencia de falla de dichos tramos.

Como se muestra, la norma vigente de la EAAB ESP, NS-58 versión de octubre 2019, posee un fundamento teórico sólido y apropiado, que redundará en una modernización empresarial, sin embargo, representa un gran reto para la entidad, la armonización e implementación de ésta, la actualización de equipos y herramientas, para garantizar que no se pierda información histórica recopilada con la norma técnica anterior, así mismo, organizar y asignar recursos físicos, tecnológicos y humanos, que garanticen la conservación y sostenibilidad de la información que se genera en cada una de las Zonas en que se divide la entidad, unificando criterios y procedimientos, para el procesamiento y análisis de los datos, dando continuidad al proyecto que adelanta la DIE, con el fin de realizar una Gestión Integral de los Alcantarillados.

2.2 Modelos de Regresión Logística

La regresión logística, es un caso especial de la regresión lineal, requiere datos binarios y supone una distribución de Bernoulli. El resultado utiliza los datos de inspección históricos para proporcionar a los tomadores de decisiones, un medio de evaluar qué tubería se inspeccionará para la planificación futura de la inspección programada, en función de la probabilidad de que ocurra la falla. (Kim 2018)

Según Monroy y Rivera (2009):

Un modelo estadístico tiene como finalidad principal explicar el comportamiento (en términos de variabilidad) de las variables que, de acuerdo con el marco conceptual asumido por el investigador, están ligadas a un fenómeno mediante otras variables asociadas al mismo fenómeno. Un modelo está compuesto por la variable a explicar (dependiente o respuesta) y las variables explicativas (independientes o regresoras) con las cuales se pretende dar cuenta del comportamiento de la variable respuesta. El modelo se hace visible a través de una función matemática con la cual se expresan las relaciones entre las variables puestas en juego.

Con la regresión logística se procura expresar la probabilidad de que ocurra el evento de interés como función de algunas variables, que desde la teoría (o la experiencia) se asumen como influyentes.

En su forma más simple el modelo logístico incluye una sola variable explicativa, por ejemplo X_1 ; este es

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_1 X_1)]}$$

Ecuación 3

El caso más general, que involucra p-variables explicativas X_1, \dots, X_p , es el siguiente:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p)]}$$

Ecuación 4

Donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son los parámetros del modelo; $\exp(\cdot)$ se refiere a la función exponencial. La expresión del lado derecho de la ecuación 4, se conoce con el nombre de función logística multivariada, mientras que la ecuación 3, corresponde a la función logística univariada. Con relación a las variables explicativas del modelo de regresión logística, estas pueden ser de tipo nominal, ordinal o continuo. Este es uno de los grandes atractivos de la regresión logística. La figura (4) muestra la función logística univariada.

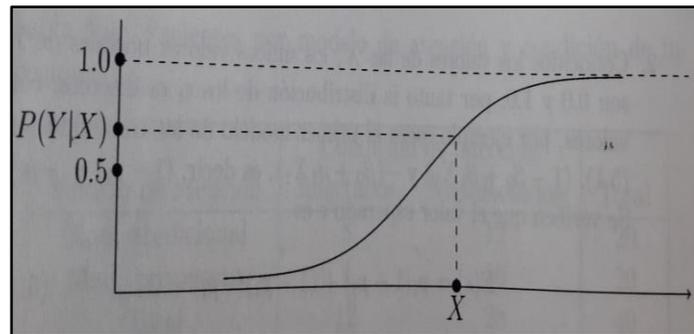


Figura 4.- Función Logística

Para la construcción e interpretación de la función logística, la información se dispone en notación matricial:

$$\begin{matrix} Y_1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ Y_2 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_n & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{matrix}$$

Figura 5.- Matriz Función Logística

Cada fila representa el resultado de medir las variables Y, X_1, \dots, X_p en un individuo, la primera columna está compuesta por unos y ceros. La matriz tiene tantas filas como sujetos haya en la muestra. Por ejemplo, X_{35} representa la medición de la quinta variable explicativa sobre el tercer individuo de la muestra.

En regresión lineal el método usado con más frecuencia es el de mínimos cuadrados. Con el cual se buscan los valores de $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ que minimicen la suma de cuadrados de las desviaciones entre los valores observados Y y los valores pronosticados por el modelo, es decir intenta encontrar los valores de los parámetros que minimicen el error de predicción. Bajo algunos supuestos, como varianza constante, normalidad de errores, independencia entre las variables explicativas, el método de los mínimos cuadrados produce estimadores con propiedades estadísticas deseables. Pero como las variables dicotómicas no reúnen estas propiedades; en consecuencia, se debe adoptar por otro procedimiento de estimación.

Dado que la variable Y sigue una distribución tipo Bernoulli, el procedimiento adecuado de estimación es de máxima verosimilitud. La solución a las ecuaciones implicadas en este proceso de optimización suministra los estimadores de los parámetros del modelo.

Según el nivel y las características de la variable dependiente, la regresión logística puede examinarse en tres grupos: regresión logística binaria, regresión logística multinomial y regresión logística ordinal. Salman (2012). El presente estudio, se fundamenta en el desarrollo de Modelos de Regresión Logística Binaria y Multinomial, sin embargo, por los resultados encontrados, el enfoque principal se da, a los Modelos de regresión logística Binaria. A continuación, se describen el fundamento teórico de los modelos, en detalle.

2.2.1 Modelo de Regresión Logística Binaria

Los Modelos de Regresión Logística Binomial son los más usados por la facilidad de interpretación y la capacidad del modelo de lograr ajustes representativos de la información, teniendo en cuenta que es la representación más parsimoniosa del problema que se quiere interpretar.

La regresión logística binaria se usa para modelar la relación entre una variable dependiente dicotómica (como éxito versus fracaso) y variables independientes. En el modelado de deterioro, la variable dependiente dicotómica se puede expresar como "estructuralmente insegura" (es decir, $Y = 1$) versus "segura" (es decir, $Y = 0$). Las variables independientes pueden ser tanto variables numéricas como variables categóricas, que se cree que tienen un efecto sobre el deterioro del activo. Si bien las variables numéricas se pueden ingresar directamente en la ecuación de regresión logística, las variables categóricas con k valores posibles ($k > 1$) se codifican de forma ficticia mediante el uso de variables ($k - 1$). Salman (2012).

Es importante anotar que la codificación sobre qué es $Y=1$ o qué es $Y=0$ es arbitraria e irrelevante

En estadística, la regresión logística se utiliza para predecir la probabilidad de ocurrencia de un evento ajustando los datos a una curva logística. Es un modelo lineal generalizado utilizado para la regresión binomial. (Kim 2018)

La forma general de la regresión logística binaria es la siguiente: Agresti (2002) y Salman (2012):

$$\text{Log} \left[\frac{P(Y = 1 | X_1, X_2, \dots, X_p)}{1 - P(Y = 1 | X_1, X_2, \dots, X_p)} \right] = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$$

Ecuación 5

en el que Y = variable dependiente dicotómica; puede asumir el valor de cero o uno, X₁ ... X_p = variables independientes; α = término de intercepción; y β₁ ... β_p = coeficientes de regresión logística.

Una vez estimados los parámetros de un modelo, la inquietud se centra en la “importancia” de cada variable para el modelo y en el problema que se enfrenta. Así, puede tenerse la inquietud de cuál de las p-variables influye más en el valor que tome P(Y=1). Algunos criterios que den cuenta de la bondad del modelo se revisarán a través de la verificación de la relevancia de cada variable en el modelo propuesto; algunas medidas de ajuste y la selección de las variables más relevantes. No obstante, se debe aclarar que el término relevante no necesariamente apunta a la importancia desde el punto de vista biológico o médico causal de una variable, sino a una visión estadística.

En un modelo que incluya p variables, posiblemente no todas ellas sean relevantes para el problema. En tal caso se deben detectar las variables que menos aporten al modelo para decidir sobre su exclusión, y así obtener un modelo más simple (parsimonioso).

En el análisis de regresión existen varios procedimientos disponibles para la selección del modelo que, con el número más reducido posible de variables, se ajuste adecuadamente a los datos. La regresión paso a paso, también llamada en la literatura anglosajona como Stepwise, es un procedimiento que consiste en construir sucesivos modelos de manera que cada uno difiera del precedente en una sola variable e ir comparando los resultados de cada versión con los de la anterior.

Existen dos versiones del a regresión paso a paso:

- a) La regresión “hacia adelante” (forward): se ajustan tantos modelos de regresión logística, como variables predictoras se tengan, y se van incorporando uno a uno.
- b) La regresión “hacia atrás” (backward): se ajusta la regresión logística para todas las variables predictoras y se van ajustando modelos de orden inferior hasta llegar a uno que no pueda “degradarse” sin pérdida de información significativa.
- c) Las significaciones sucesivas: se ajusta el modelo de regresión logística para todas las variables, se identifican aquellas variables cuyos coeficientes, desde una prueba de hipótesis,

resulten significativas y se ajusta el modelo con aquellas variables que resultaron significativas en la prueba.

Se debe definir lo que se entiende por “variables relevantes”, pues si el problema es hallar un modelo que optimice la predicción, la solución a este problema es la planteada anteriormente, pero si el modelo se ajusta dentro de un marco conceptual (como debe ser), el proceso de selección de variables atañe más al área del conocimiento que se estudia que a la estadística. Esta anotación es oportuna, toda vez que muchos investigadores actúan como si los métodos estadísticos les eximieran de la experticia y conocimientos acerca del tema que tratan. Monroy y Rivera (2009).

Una revisión de la bibliografía nacional e internacional, muestran que la aplicación del modelo de regresión logística en el análisis predictivo del estado de deterioro de infraestructura civil, proporciona una base para evaluar sistemas expuestos a fallas por diferentes agentes generadores de la misma.

Es importante comprender que el objetivo de utilizar la regresión logística para el análisis de datos es el mismo que el de cualquier técnica de construcción de modelos utilizada en estadística, es decir, encontrar el modelo más adecuado y más parsimonioso. Como en la regresión, un modelo de regresión logística describe una relación entre una respuesta y un conjunto de variables explicativas. Una respuesta también se conoce como una variable dependiente o una salida. Las variables explicativas también se denominan a menudo covariables, variables independientes o predictores. (Kim 2018)

2.2.2 Modelo de Regresión Logística Multinomial

El modelo de regresión logística multinomial se desarrolla cuando se utiliza una variable dependiente que puede asumir más de dos categorías, como es el caso del grado estructural de las tuberías, conforme a la clasificación de la Norma técnica en la cual se basó la realización de las inspecciones con las cuales se desarrolla el presente estudio, esto es, grado estructural 1, 2, 3, 4 o 5, siendo 5 el grado que representa el estado más grave de la tubería y 1 el mejor estado. Sin embargo, como se observara en el capítulo cuatro, la regresión logística binaria arroja mejores resultados que la regresión logística multinomial, esto es de esperarse teniendo en cuenta que la probabilidad de predecir el grado estructural de la tubería entre 1, 2, 3, 4 o 5, es más baja, que entre 1 y 2, donde comúnmente se entiende como $Y=1$ en estado de falla, el cual representa los grados estructurales 4 y 5, que arroja el CCTV, y $Y=0$ en estado de No falla, el cual representa los grados estructurales 1, 2 y 3.

También se habla de Regresión Logística nominal, cuando no hay un orden natural entre las categorías de la respuesta y de Regresión Logística ordinal, cuando se puede establecer un orden natural obvio en las categorías de las respuestas, que debe ser tomado en cuenta en la especificación del modelo. Monroy y Rivera (2009). Esta última regresión es el caso de la categoría 1, 2, 3, 4, o 5, que asume la variable dependiente en el caso de los grados que arrojan los CCTV.



De acuerdo con Dobson (2002), los modelos que se usan comúnmente cuando se tienen categorías ordinales son el modelo logit acumulativo, el modelo de categoría adyacente, el modelo logit de continuación de razón y el modelo de odds proporcionales; este último, es el que se implementa en la mayoría de los programas de análisis estadísticos, como es el caso de Matlab.

De acuerdo con, Monroy y Rivera (2009):

El modelo de odds proporcionales se basa en el supuesto que el efecto de las covariables X_1, \dots, X_p es igual para todas las categorías en la escala logarítmica, el modelo es:

$$\text{Log} \frac{\pi_1 + \dots + \pi_j}{\pi_j + 1 + \dots + \pi_r} = \beta_0j + \beta_1X_1 + \dots + \beta_pX_p$$

Ecuación 6

Note que el productor lineal tiene un intercepto que depende de la categoría j , pero las otras variables explicativas no dependen de la categoría j , pero las otras variables explicativas no dependen de j .

La razón de odds asociada a un incremento de una unidad en la variable explicativa X_k es $\exp(\beta_k)$ con $k=1, \dots, p$.

En el caso de una respuesta ordinal con tres categorías y dos variables explicativas, de acuerdo con el modelo que se describe en la ecuación 5., se tiene:

$$\text{Log} \frac{\pi}{\pi_2 + \pi_3} = \beta_01 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2$$

Ecuación 7

$$\text{Log} \frac{\pi_1 + \pi_2}{\pi_3} = \beta_02 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2$$

Ecuación 8

El valor de $P(Y=2)$ se obtiene por la diferencia

$$P(Y=2) = 1 - P(Y=1) - P(Y=3)$$

Ecuación 9

En el capítulo 4, se muestran cuatro modelos de regresión logística multinomial, 2 de ellos desarrollados con las inspecciones realizadas dentro de la UPZ Los Cedros y los otros 2 modelos con el total de las inspecciones para la Zona 1 de la EAAB ESP.

3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO ESTRUCTURAL DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ZONA 1 DE LA EAAB ESP.

3.1 Antecedentes

Algunos casos recientes y más significativos dentro de la bibliografía, que han desarrollado modelos de regresión logística, las variables independientes tenidas en cuenta y las variables significativas obtenidas conforme a las pruebas de hipótesis aplicadas, son:

No.	ARTÍCULO	CASO DE ESTUDIO	VARIABLES USADAS	VARIABLES MÁS SIGNIFICANTES
1	Predicción de la condición de tuberías de alcantarillado sanitario. Mohammadi (2019)	Ciudad de Tampa, Florida.	Edad, Material, Diámetro, Longitud, Nivel Freático, Profundidad, Pendiente, Caudal y Tipo de suelo.	Edad, Material, Diámetro, Longitud, Nivel Freático.
2	Predicción de la condición estructural del alcantarillado integrando el promedio del Modelo Bayesiano con la Regresión Logística. Kabir (2018)	Ciudad de Calgary, Canada	Edad, Longitud, Diámetro, Cotas Rasantes, Cotas bateas, Profundidad, pendiente.	Edad, Longitud, Diámetro y Cotas Rasantes
3	Predicción de la condición del alcantarillado y análisis de factores explicativos. Laakso (2018)	Sur de Finlandia	Edad, Pendiente, Caudal, Longitud, X, Y, Clase vía, Diámetro, Distancia a árboles, tipo suelo, material, profundidad e intersección tubería pluvial, Intersección tubería acueducto.	Edad, Pendiente, Caudal, Longitud, X, Y, Clase vía, Diámetro, Distancia a árboles, tipo suelo, material, profundidad e intersección tubería pluvial.

No.	ARTÍCULO	CASO DE ESTUDIO	VARIABLES USADAS	VARIABLES MÁS SIGNIFICANTES
4	Evaluación de la degradación de alcantarillado orientada a causas y efectos para apoyar la planificación de inspección programada. Gunther (2015)	No disponible	Material, Longitud, Diámetro, Edad, Profundidad y Tipo de Sección.	Material, Longitud, Diámetro, y Edad.
5	Un estudio comparativo de modelos de predicción de fallas en tuberías de agua utilizando distribución de Weibull y regresión logística binaria. Vladeanu (2015)	Municipalidad en la región Medio Oeste de Estados Unidos	Edad y Diámetro	Edad
6	Beneficios de usar datos básicos, imprecisos o inciertos para elaborar programas de inspección de alcantarillado. Ahmadi (2014)	No disponible	Profundidad, Clase de Vía, Tipo de Alcantarillado, Edad, Material, Diámetro, Longitud, Pendiente.	Profundidad, Clase de Vía y Tipo Alcantarillado
7	Influencia de datos disponibles en la eficiencia de programas de inspección de alcantarillado. Ahmadi (2013)	No disponible	Profundidad, Clase de Vía, Tipo Alcantarillado, Edad, Material, Diámetro, Longitud y Pendiente.	Profundidad, Clase de Vía y Tipo Alcantarillado
8	Modelando fallas de líneas de recolección de aguas residuales usando varios modelos de regresión nivel-	Distrito Metropolitano de Alcantarillado de Greater Cininnati	Profundidad, Tipo de Alcantarillado, Clase de Vía, Edad, Material, Diámetro, Longitud y Pendiente.	Profundidad, Tipo de Alcantarillado y Clase de Vía.

No.	ARTÍCULO	CASO DE ESTUDIO	VARIABLES USADAS	VARIABLES MÁS SIGNIFICANTES
	sección. Salman (2012)			
9	Modelado de la línea de tiempo de deterioro de los sistemas de alcantarillado. Lubini (2012)	Ciudades de Verdun y St-Hyacinthe en Quebec	Edad, Diámetro, Material, Pendiente y Longitud	Edad, Diámetro y Material
10	Evaluación de las necesidades de inspección de infraestructura utilizando modelos logísticos. Ariaratnam (2001)	Edmonton, Alta. Canadá	Edad, Diámetro, Tipo de Alcantarillado, Profundidad y Material.	Edad, Diámetro y Tipo de Alcantarillado

Tabla 10.- Casos de Estudio Modelos de Regresión Logística. Elaboración propia

Del cuadro anterior se observa, que las cinco variables más usadas por los investigadores para tener en cuenta como predictoras, en los modelos de regresión logística son la edad, el material, la longitud, la profundidad, la pendiente y el diámetro y las tres variables que con mayor frecuencia se obtienen como variables significativas, son en orden de importancia, la edad, el diámetro y el material.

Por último, se observa que en ninguno de los trabajos expuestos se tienen en cuenta las variables de Subsistencia de los suelos y la de Avisos de Mantenimiento, por lo que se consideran un aporte relevante de este estudio, el hecho de incluirlas en el análisis. Como se presentará más adelante, la variable de Subsistencia, no demostró ser significativa en ninguno de los modelos desarrollados, mientras que los Avisos de Mantenimiento, resultaron ser significativos en dos de ellos.

3.2 Metodología propuesta para el Caso de Estudio

En esta sección se detallará la metodología propuesta en esta investigación para desarrollar el modelo de regresión logística, con fines predictivos, para determinar el estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP, con base en la bibliografía referenciada; los fundamentos principales fueron tomados de Salam (2012).

Los errores e incertidumbre asociados a la metodología y sus resultados, son los ligados a aquellos propagados por las variables con las que se construye el modelo, y estas a su vez tienen diferentes fuentes de incertidumbre, como aquellas relacionadas con los errores humanos y físicos, con los recursos que tuvieron relación en la construcción de la información, no obstante, la incertidumbre más grande se asocia a la categorización del estado estructural, producto de la inspección con CCTV, tal como se detalla en el siguiente numeral.

A continuación, se describe el enfoque metodológico utilizado y se muestra de manera sistemática, la experiencia del presente estudio, en el tratamiento y procesamiento de la información.

3.2.1 Definición del problema

El problema de la estimación del estado estructural de las tuberías de alcantarillado, es un problema de clasificación, teniendo en cuenta, que la variable dependiente “Y” es un dato categórico y no numérico, en ese sentido, las medidas de desempeño para identificar qué tanto se ajustan los resultados de la simulación a los registros, que deben usarse, son aquellas que cuantifican qué tanto acierta, pero también qué tanto se equivoca el modelo desarrollado.

En ese contexto, la medida de desempeño utilizada en este estudio, es la Matriz de Confusión o en algunos casos denominada Tabla de Contingencia, esta medida evidencia el desempeño de un algoritmo de clasificación y muestra cómo se distribuyen los resultados reales versus los resultados de la predicción del modelo desarrollado.

Las fuentes de incertidumbre en este problema, son muchas, pero la más relevante es la asociada a la calificación y clasificación del grado estructural que se hace a partir de la inspección de las redes con circuito cerrado de televisión.

La incertidumbre puede crecer cuando el grado de condición de un tramo de alcantarillado es evaluado. Incertidumbre originada desde tres fuentes: 1. Durante la ejecución de los reportes de CCTV, el operador puede fallar en el reconocimiento del defecto, por la condición operacional (insuficiencia de luz, inspecciones rápidas o enfoque del operador o problemas de infiltración), 2. Durante la descripción del defecto, en el sistema de códigos, pueden ser usados códigos o calificaciones incorrectas; 3. Durante la interpretación del reporte de CCTV, la condición evaluada

es hecha por profesionales, ya sea por clasificación subjetiva (por ejemplo, opinión de expertos basada en experiencia) o usando una escala cualitativa (evaluación basada en vejez). Ahmadi (2014).

Como se expuso en el numeral 2.1.2. las variables que pueden influir en la determinación del estado estructural de las tuberías de alcantarillado son muchas, dentro de las más usadas por los investigadores del área son, el diámetro, la longitud, la pendiente, la profundidad, la edad, el nivel freático, la calidad del agua, entre otros.

Las variables independientes, tenidas en cuenta en este estudio, son ampliamente tratadas en los numerales 2.1.2, 3.2.2 y 3.2.3, por lo tanto, en este aparte, se hace referencia a la variable dependiente “Y”, es decir al estado de deterioro físico de la tubería, definido por el grado estructural, que como se expuso en el numeral 2.2., cuando se estudia el problema de manera binaria, “Y” puede tomar valores ya sea de $Y=0$ o de $Y=1$, cuando se encuentra en estado definido como “No falla” o “Falla”, respectivamente; por otra parte, cuando se estudia el problema de manera Multinomial “Y” puede asumir valores entre 1, 2, 3, 4 o 5, donde ésta es una escala gradual, en la que $Y=1$ es el mejor estado estructural del tubo y $Y=5$ el peor estado.

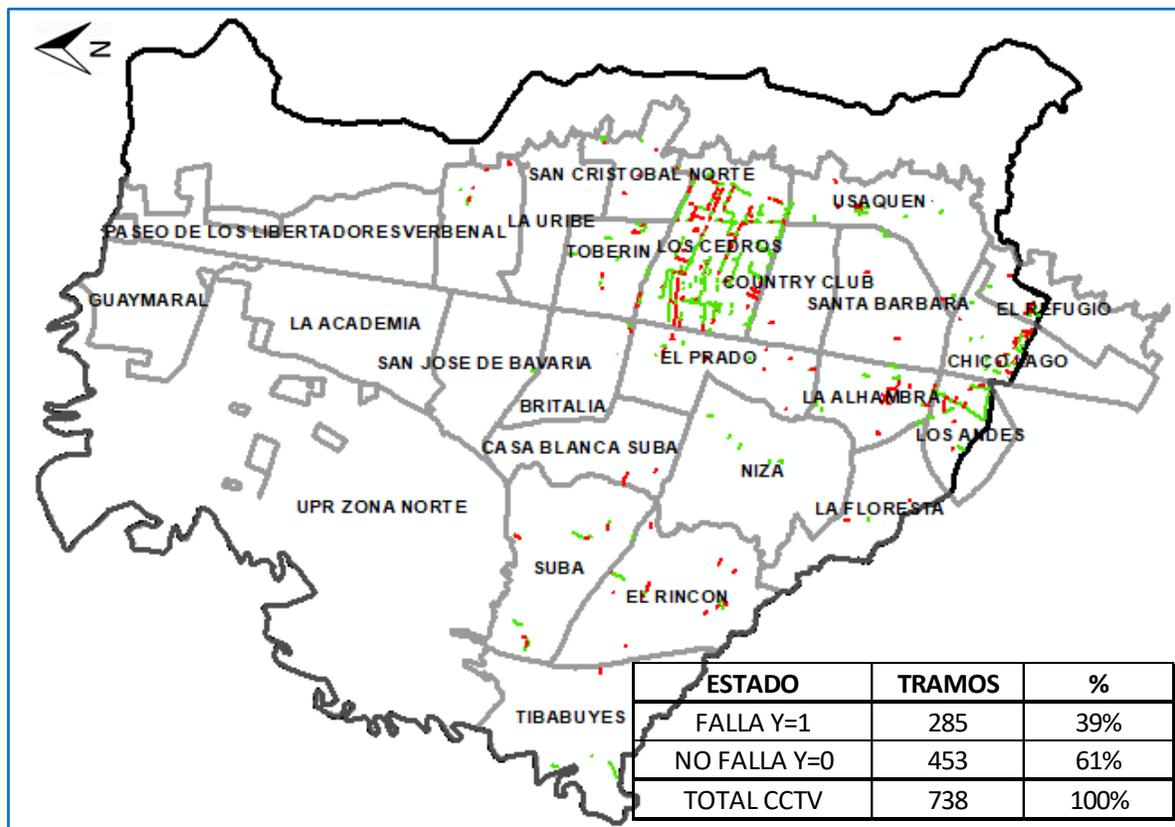


Figura 6.- CCTV realizados en la Zona 1 de la EAAB

La variable dependiente “Y”, que contiene los registros de 738 inspecciones realizadas con circuito cerrado de televisión a diferentes redes instaladas en el área de prestación de la Zona 1 de la EAAB ESP, se muestran en el mapa de la Figura 6., en color rojo aquellas inspecciones que tienen un grado estructural categorizado en estado de “FALLA”, esto es $Y=1$, que corresponden a grado estructural 4 y 5, según clasificación de la norma técnica de la EAAB, al momento de la ejecución y en color verde, aquellas inspecciones con grado estructural 1, 2 y 3, categorizado en estado de “NO FALLA”, esto es $Y=0$.

3.2.2 Recopilación de la Información

La primera labor fue la recopilación de la información disponible asociada a las redes locales de alcantarillado sanitario, donde se obtuvo la base del catastro oficial de la EAAB ESP, la cual contiene cada una de las siguientes variables, para cada uno de los tramos de alcantarillado sanitario en estudio:

VARIABLE DEPENDIENTE	ABREVIATURA	UNIDAD
Diámetro	D	metros (m)
Longitud	L	metros (m)
Pendiente	S	Porcentaje o centímetro/metro (cm/m)
Profundidad	H	metros (m)
Edad	E	vejez (años)
Material como variable Binaria	MBIN	M = 1 cuando Gres, M = 0 cuando ≠Gres
Material como variable Ficticia	M1 y M2	Si GRES \Rightarrow M1=1 y M2=0
		Si CONCRETO \Rightarrow M1=0 y M2= 1
		Si PVC \Rightarrow M1=0 y M2=0

Tabla 11.- Variables dependientes definidas

Posteriormente, se obtuvo la base de datos de los reportes del Sistema de Información Empresarial de la EAAB ESP, con la lista de avisos de mantenimiento, asociados a la atención o ejecución de actividades de mantenimiento en las redes de alcantarillado, en la Zona 1, de los últimos 10 años (2008-2018). Con esta base de datos en Excel, se procesó la información, eliminando aquellos avisos inefectivos y los asociados a actividades diferentes a las relacionadas con el alcantarillado sanitario y se realizó un procesamiento geoespacial en ArcMap de ArcGIS (Esri), para asignar cada uno de los eventos al tramo ubicado frente a la dirección a la cual está ligado el mantenimiento.

Adicionalmente, se gestionó a través del Ingeniero Héctor Mora Páez, Coordinador del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales, del Servicio Geológico Colombiano, los datos de subsidencia de los suelos asociados al polígono de la Zona 1 de la EAAB ESP, obteniendo en formato shape, los resultados de la investigación de este Grupo, a partir del uso de imágenes interferométricas de radar de las plataformas SENTINEL-1 y TerraSAR-X. El Ingeniero Héctor Mora expuso:

Los archivos corresponden a dos capas de puntos que contienen valores de desplazamiento así:

- a. 2018_11_28_Velocidad_Vertical_TSX_nov11_oct17_Zona1
- b. 2018_11_28_Velocidad_Vertical_Sentinel1_Dic2014_Nov2016_Zona1

El archivo a. corresponde al uso de imágenes TerraSAR para el periodo de septiembre de 2011 a octubre de 2017, mientras que el archivo b. ha sido generado a partir de imágenes SENTINEL-1 para el periodo de tiempo comprendido entre diciembre de 2014 y noviembre de 2016.

Con respecto a los resultados que se pueden visualizar en los dos archivos, es preciso hacer las siguientes consideraciones:

- El sensor TerraSAR-X captura las imágenes en la banda X, con una longitud de onda de 3.2 cm y resolución espacial de 3m, mientras que el sensor SENTINEL-1 obtiene las imágenes en la banda C, con una longitud de onda de 5.6cm y resolución espacial de 15m.
- El sensor TerraSAR-X permite obtener información de la superficie con mayor detalle, aunque tiene menor capacidad de penetración comparado con los sensores de radar en la banda C tales como SENTINEL-A, y banda L como ALOS-PALSAR.
- El uso de las imágenes interferométricas de radar para este tipo de estudios implica la posibilidad que se presente, como sucede en este caso, que algunos sectores de la ciudad aparezcan sin información, lo cual es debido a incoherencia o decorrelación en la fase de la fase asociada al interferograma, asociada a la re- vista del satélite.
- Es importante señalar que las imágenes TerraSAR-X abarcan mayor periodo del tiempo de observación que las imágenes SENTINEL-1. Esto significa que se generó un mayor número de interferogramas con el sensor en la banda X que con el sensor en la banda C, lo cual implica tener mejores niveles de confianza en los resultados obtenidos con TerraSAR-X. Sin embargo, los resultados son complementarios.
- Aunque las imágenes de SENTINEL-1 tienen mayor cobertura que las imágenes de TerraSAR-X, ninguna cubre en su totalidad la Zona 1.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones realizadas por el ingeniero Héctor Mora Páez, se procedió a revisar la información suministrada, y contrastarlas con el área de prestación de servicio de alcantarillado de la EAAB ESP, encontrando que las imágenes de SENTINEL-1 son las que mejor cubrimiento tiene sobre el área donde se encuentran instaladas las redes de alcantarillado sanitario de la zona 1, por lo tanto se decidió trabajar con esta información y realizar un procesamiento

geoespacial en ArcMap de ArcGIS (Esri), para asignar a cada tramo el valor de subsidencia máxima presentada en los registros más cercanos al tubo.

3.2.3 Depuración de la base de datos

La Base de datos inicial contaba con 26.153 tramos de alcantarillado sanitario, finalmente quedó compuesta por 24.292, producto de una depuración detallada de la información, con base en histogramas de frecuencia, gráficos de cajas y bigotes GCB y de la experiencia previa sobre las redes existentes en el sector de estudio. En resumen, se eliminaron el 7% de los tramos por presentar datos con valores inconsistentes principalmente relacionados con registros de edad, diámetro, longitud, profundidad y pendiente. A continuación, se detallan los datos eliminados de la muestra, según la variable independiente analizada:

3.2.3.1 Material

Se eliminaron 99 tramos que no contenían registro del material del que están contruidos y que adicionalmente no habían sido sujetos de inspección, por lo tanto, quedaron hasta este momento 26.054 tramos.

La variable independiente categórica “material”, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos que quedaron al final de la depuración, producto del análisis de todas las variables independientes, se encuentra compuesta de la siguiente manera:

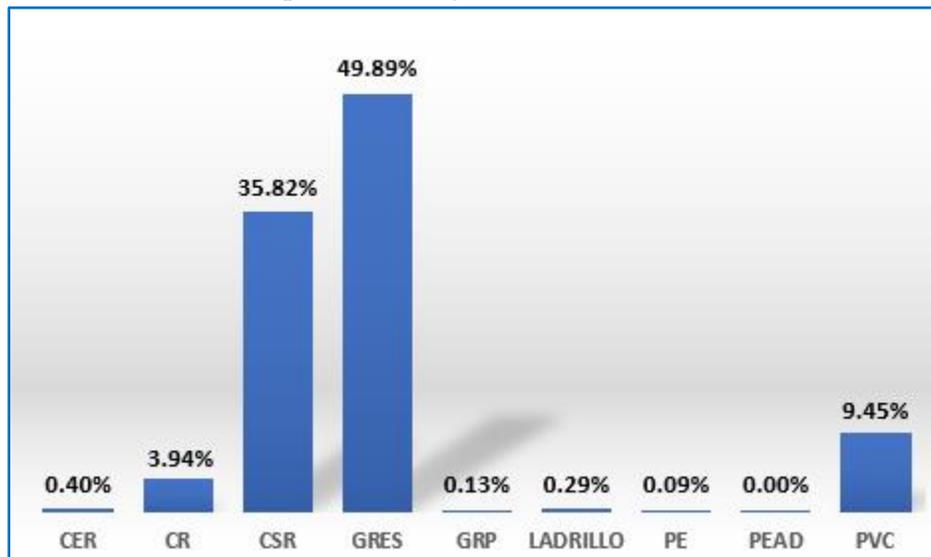


Figura 7.- Clase de Material Base de Datos completa, tuberías con y sin CCTV.

La variable independiente “material”, de la muestra inspeccionada, se describe en la siguiente gráfica:



Figura 8.- Clase de Material Base de Datos, muestra tuberías con CCTV.

La tabla resumen de la variable dependiente Material es la siguiente:

MATERIAL	TRAMOS (und)	LONG. (m)
CER	96	5166
CR	957	47187
CSR	8701	394146
GRES	12119	627611
GRP	31	1730
LADRILLO	70	3140
PE	21	983
PEAD	1	64
PVC	2296	91258
TOTAL	24292	1171284

Tabla 12.- Clase de Material Base de Datos completa, con y sin CCTV.

MATERIAL	TRAMOS (und)	LONG. (m)
CER	2	97
CR	9	622
CSR	160	8209
GRES	478	30016
GRP	1	57
LADRILLO	24	1698

PE	1	28
PVC	63	3107
TOTAL	738	43834

Tabla 13.- Clase de Material Base de Datos con CCTV

Como se observa los materiales que predominan tanto en la Base de Datos total, como en la muestra con registros de CCTV es el CCTV, seguido del CONCRETO y el PVC, respectivamente.

En el siguiente capítulo, se observa en los resultados, como el GRES, es el material que se asocia con mayor fuerza, al estado estructural más deficiente.

3.2.3.2 Edad E

La depuración de la base de datos por la variable independiente “Edad”, parte de la base de datos ya depurada por concepto de material, es decir con 26.054 segmentos o tramos, sin embargo, en esta etapa no se eliminaron registros, sino que se asignaron edades promedio a aquellas tuberías con edad atípica correspondiente a 119 años.

Como se mencionó en el numeral 2.1.2.5, la edad máxima de las redes de alcantarillado de los sectores más antiguos de Bogotá, se encuentra alrededor de los 70 años, por lo que en la metodología propuesta, se seleccionaron 5.375 tramos que contenían un registro de edad de 119 años, calculado a partir de la edad de instalación, y se les asignó una edad promedio dependiendo del tipo de material, si el material es gres, se asignó una edad promedio de 40 años, si es PVC, una edad de 14 años y si es Concreto una edad de 24 años.

En general, estos alcantarillados que reportan una edad de 119 años, están asociados a tuberías construidas por la misma comunidad, de Barrios Subnormales, en procesos urbanísticos de legalización de barrios y que surten un trámite de entrega de la infraestructura a la EAAB ESP, para su mantenimiento y operación, pero es frecuente encontrar que la comunidad no tiene registro de su fecha de instalación exacta.

Los valores de la variable independiente “Edad” medida en años, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos que quedaron al final de la depuración, producto del análisis de todas las variables independientes, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

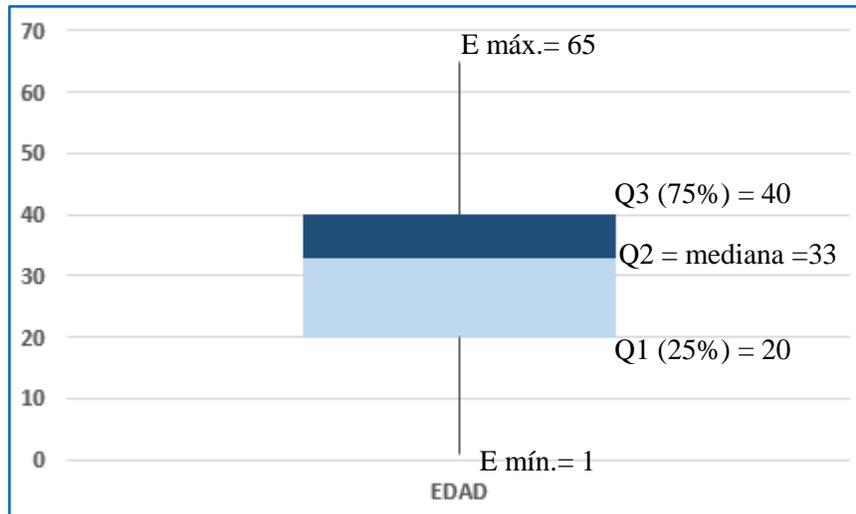


Figura 9.- Diagrama Caja y Bigotes, Edad redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

Como se observa en el diagrama, la caja inferior es mayor que la superior; lo que representa que las edades comprendidas entre el 25% y el 50% de la población está más dispersa que entre el 50% y el 75%.

El bigote inferior (E_{mín}, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías más jóvenes están más concentradas que el 25% de las más antiguas, aunque la diferencia no es pronunciada.

El rango intercuartílico $RIC = Q3 - Q1 = 20$; es decir, el 50% de la población está comprendido en 20 años.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -10$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 70$, se observan valores atípicos en el rango mínimo de la muestra, es decir edades muy jóvenes son atípicas.

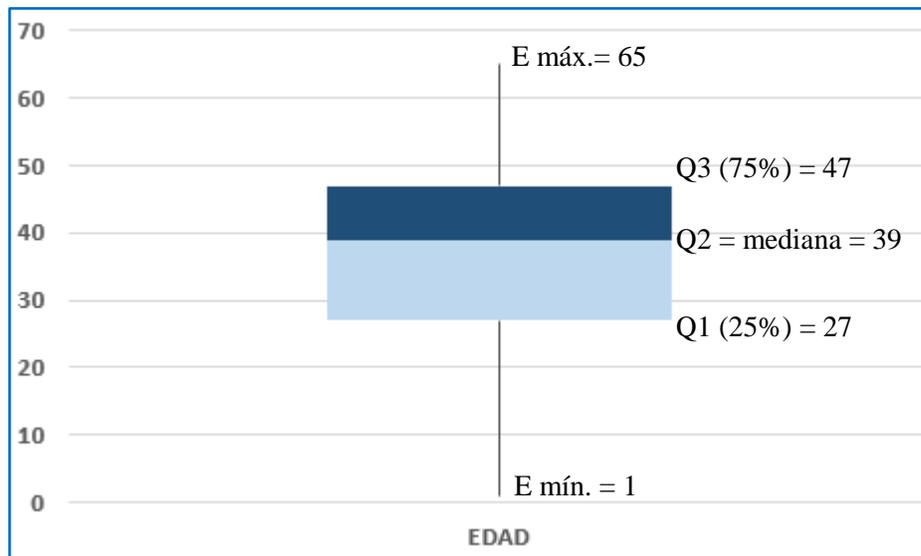


Figura 10.- Diagrama Caja y Bigotes, Edad tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior es mayor que la superior; lo que representa que las edades comprendidas entre el 25% y el 50% de la población está más dispersa que entre el 50% y el 75%. Igual comportamiento a la población total.

El bigote inferior (Q3, Emáx) es más corto que el inferior; por ello el 25% de las tuberías más antiguas están más concentradas que el 25% de las más jóvenes. De forma opuesta a lo ocurrido con la población completa.

El rango intercuartílico $RIC = Q3 - Q1 = 20$; es decir, el 50% de la población está comprendido en 20 años. De forma similar a la población completa de las tuberías de la zona 1.

3.2.3.3 Diámetro D

La depuración de la base de datos por la variable independiente “Diámetro”, parte de la base de datos ya depurada por concepto de material y edad, es decir con 26.054 segmentos o tramos, en el proceso se eliminaron 12 registros, correspondientes a diámetros superiores a 1.50 metros, valores atípicos a los frecuentes para redes locales de alcantarillado sanitario. Por tanto, la base de datos se redujo a 26.042 tramos.

Los valores de la variable independiente “Diámetro” medida en metros, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos que quedaron al final de la depuración, producto del análisis de todas las variables independientes, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

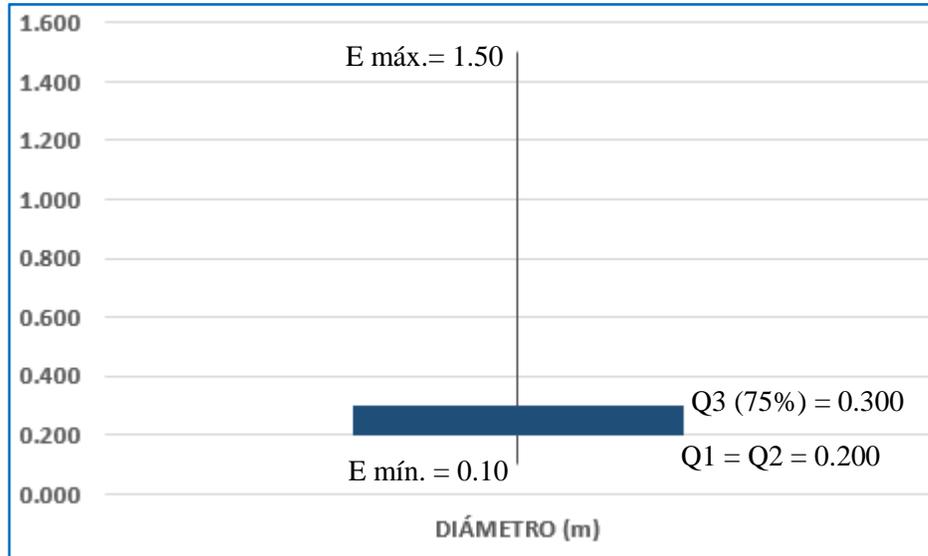


Figura 11.- Diagrama Caja y Bigotes, Diámetros redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

Como se observa en el diagrama, $Q1=Q2$, lo que significa que solo el 25% de los diámetros son menores a la mediana, es decir a 0.200.

El bigote inferior ($E_{mín}$, $Q1$) es más corto que el superior; por ello el 25% de los diámetros más pequeños, están más concentrados que el 25% de los más grandes.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = 0.05$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 0.450$, se observan valores atípicos en el rango máximo de la muestra, es decir que es atípico tener valores muy grandes de diámetros en redes locales de alcantarillado sanitario.

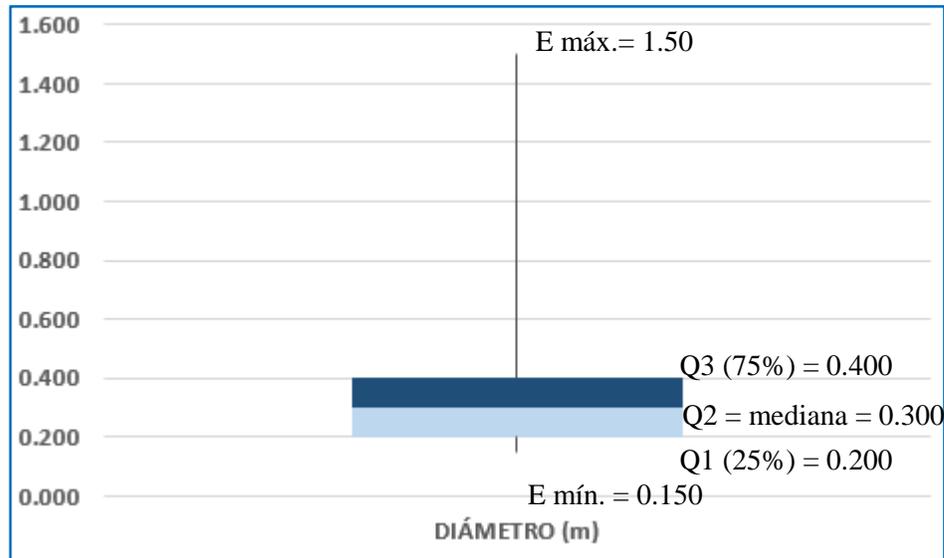


Figura 12.- Diagrama Caja y Bigotes, Diámetros tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior y superior son iguales; lo que representa una dispersión similar en la población comprendida entre el 25% y el 50% y el 50% y el 75%.

El bigote inferior (E_{mín}, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de los diámetros más pequeños, están más concentrados que el 25% de los más grandes.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil Q1 – 1.5RIC = -0.10 y el Máximo como el Cuartil Q3 + 1.5RIC = 0.700, se observan valores atípicos, tanto en el rango mínimo como máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con diámetros entre 0.200 y 0.400 metros, esto corresponde a diámetros nominales de 8” a 16”.

3.2.3.4 Longitud L

La depuración de la base de datos por la variable independiente “Longitud”, parte de la base de datos ya depurada por concepto de material, edad y diámetro, es decir con 26.042 segmentos o tramos, en el proceso se eliminaron 4 registros, correspondientes a tuberías con longitud inferior a 1.0 metros. Por tanto, la base de datos se redujo a 26.038 tramos.

Los valores de la variable independiente “Longitud” medida en metros, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos que quedaron al final de la depuración, producto del análisis de todas las variables independientes, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

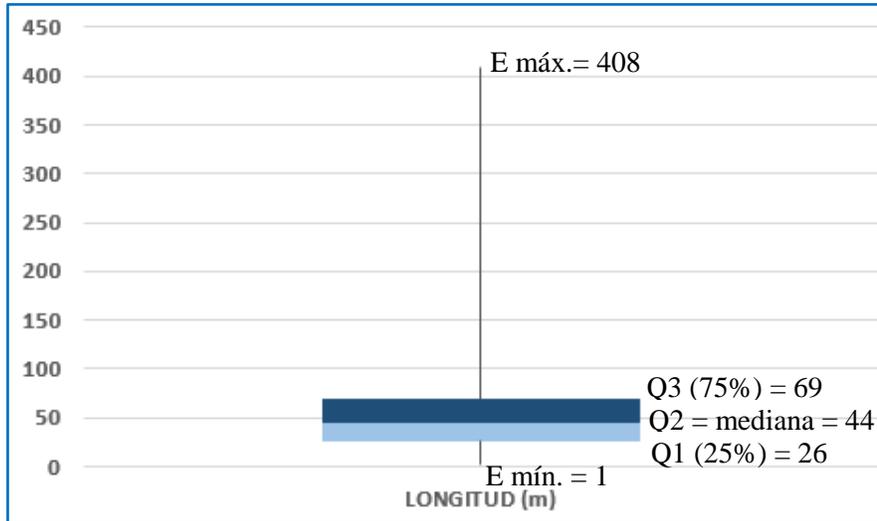


Figura 13.- Diagrama Caja y Bigotes, Longitud redes locales alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

Se observa en el diagrama, que la caja inferior y superior son iguales; lo que representa una dispersión similar en la población comprendida entre el 25% y el 50% y el 50% y el 75%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con longitudes más cortas, están más concentrados que el 25% de los más grandes.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil Q1 – 1.5RIC = -37 y el Máximo como el Cuartil Q3 + 1.5RIC = 132, se observan valores atípicos, tanto en el rango mínimo como máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con longitudes entre 26 y 69 metros lineales.

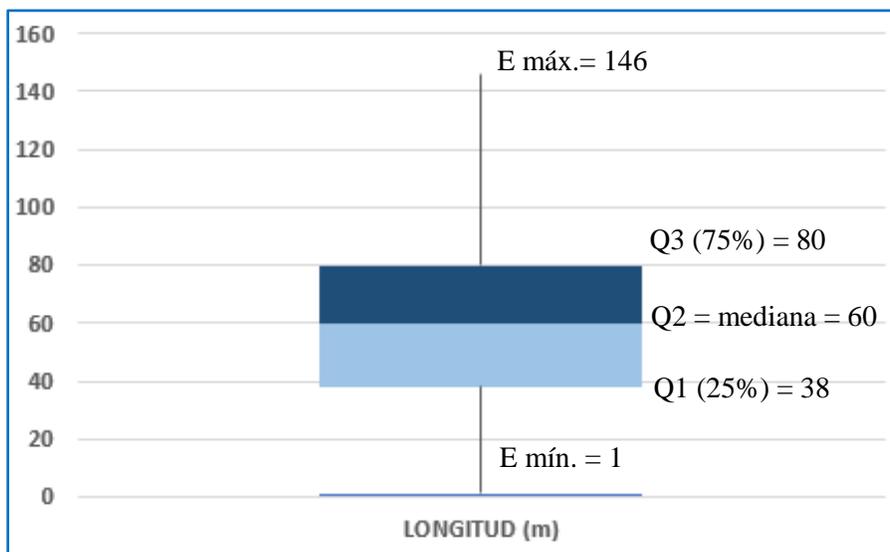


Figura 14.- Diagrama Caja y Bigotes, Longitud tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior y superior son casi iguales; lo que representa una dispersión similar en la población comprendida entre el 25% y el 50% y el 50% y el 75%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con longitudes más cortas, están más concentrados que el 25% de los más grandes.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -25$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 143$, se observan valores atípicos, tanto en el rango mínimo como máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con longitudes entre 38 y 80 metros lineales.

3.2.3.5 Pendiente S

La depuración de la base de datos por la variable independiente “Pendiente”, parte de la base de datos ya depurada por concepto de material, edad, diámetro y longitud, es decir con 26.038 tramos, en el proceso se eliminaron 560 segmentos, correspondientes a tuberías que registraban pendiente negativa y que no poseían inspección con CCTV. Por tanto, la base de datos se redujo a 25.478 tramos.

Los valores de la variable independiente “Pendiente” medida en porcentaje, que a su vez puede interpretarse como la variación en centímetros por cada metro, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos que quedaron al final de la depuración, producto del análisis de todas las variables independientes, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

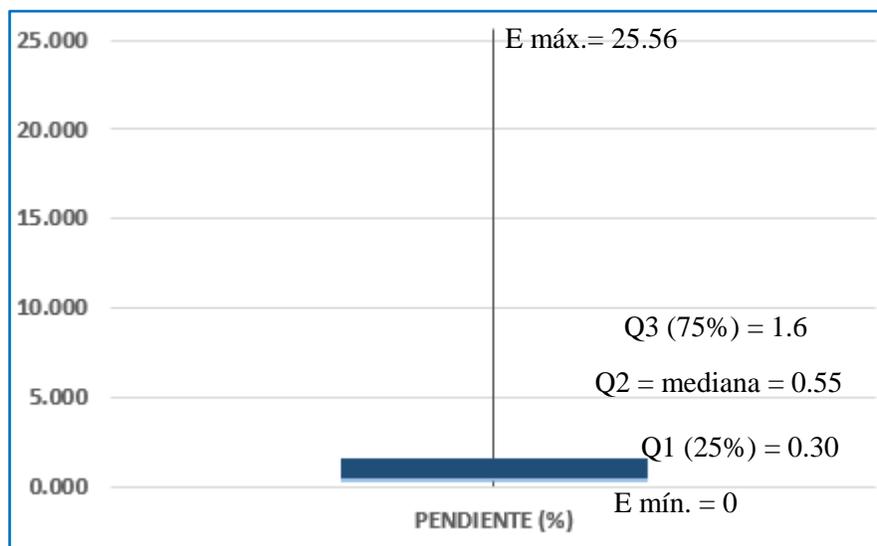


Figura 15.- Diagrama Caja y Bigotes, Longitud tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior es menor que la superior; lo que representa que las edades comprendidas entre el 50% y el 75% de la población está más dispersa que entre el 25% y el 50%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con pendientes más bajas, están más concentradas que el 25% de tuberías con pendientes más altas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -1.6$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 3.5$, se observan valores atípicos, tanto en el rango mínimo como máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con pendientes entre 0.3% y 1.6 %.

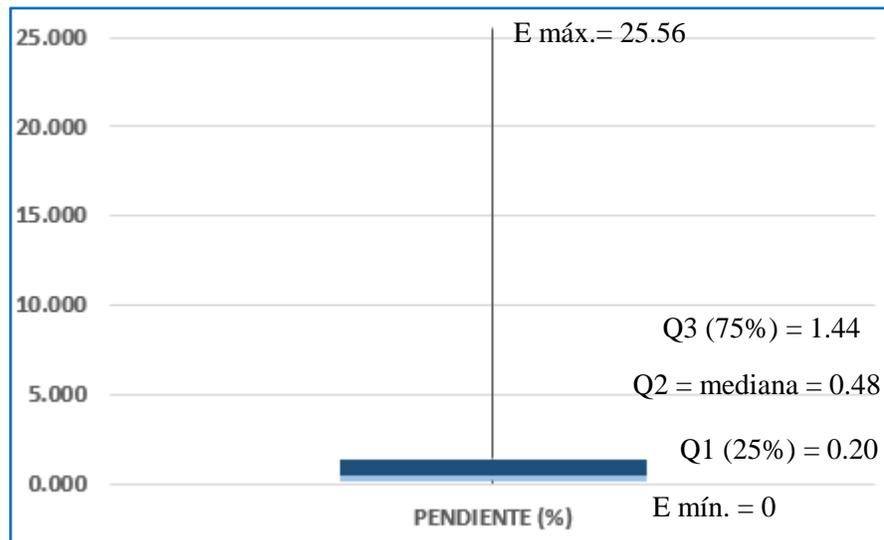


Figura 16.- Diagrama Caja y Bigotes, Pendiente tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior es menor que la superior; lo que representa que las edades comprendidas entre el 50% y el 75% de la población está más dispersa que entre el 25% y el 50%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con pendientes más bajas, están más concentradas que el 25% de tuberías con pendientes más altas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -1.7$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 3.3$, se observan valores atípicos, tanto en el rango mínimo como máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con pendientes entre 0.20% y 1.44 %.

3.2.3.6 Profundidad H

La depuración de la base de datos por la variable independiente “Profundidad”, parte de la base de datos ya depurada por concepto de material, edad, diámetro, longitud y pendiente, es decir con 25.478 tramos, en el proceso se eliminaron 1186 segmentos, correspondientes a tuberías que registraban profundidades iguales a cero. Por tanto, la base de datos se redujo a 24.292 tramos de los cuales 738 tramos cuentan con inspección y por tanto calificación de grado estructural de 1 a 5 producto del CCTV realizado y 23.554 no cuentan con inspección.

Los valores de la variable independiente “Profundidad” medida en metros, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

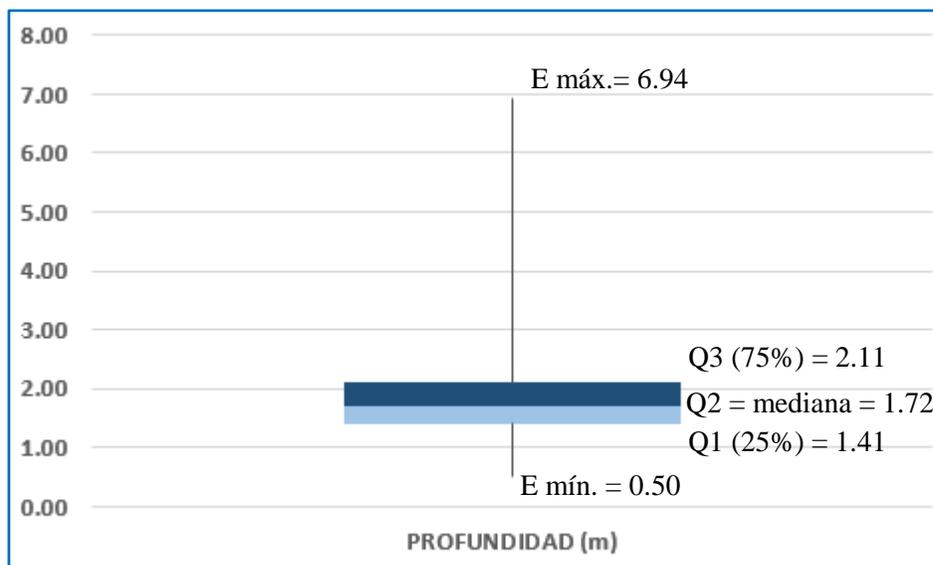


Figura 17.- Diagrama Caja y Bigotes, Profundidad de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

Se observa en el diagrama, que la caja inferior y superior son prácticamente iguales; lo que representa una dispersión similar en la población comprendida entre el 25% y el 50% y el 50% y el 75%.

El bigote inferior (E mín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = 0.366$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 3.150$, se observan valores atípicos, en el rango máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con profundidades menores a los 2.11 metros.

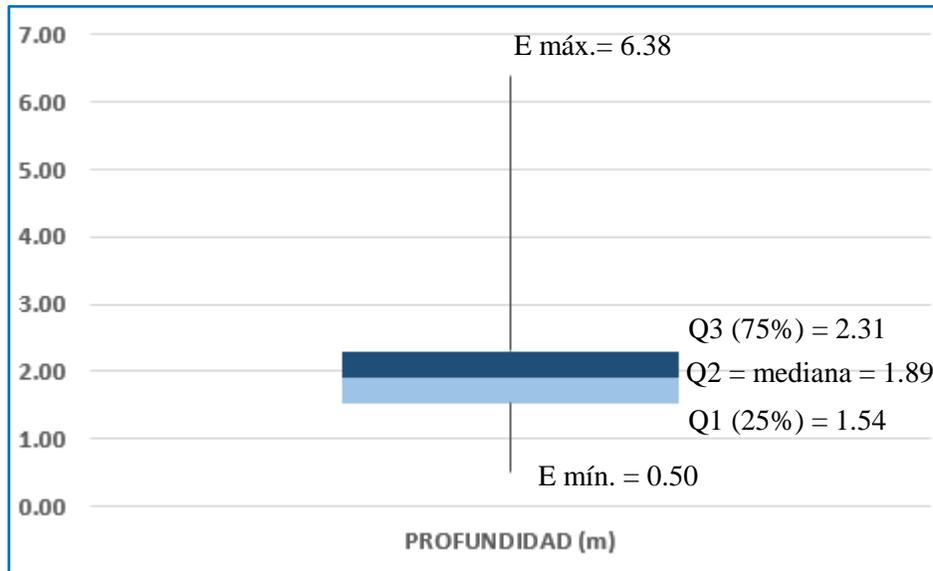


Figura 18.- Diagrama Caja y Bigotes, Profundidad tuberías muestra con CCTV

Con similares características que la población total, se observa en el diagrama, que la caja inferior y superior son prácticamente iguales; lo que representa una dispersión similar en la población comprendida entre el 25% y el 50% y el 50% y el 75%.

El bigote inferior (E_{mín}, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = 0.38$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 4.50$, se observan valores atípicos, en el rango máximo de la muestra, es decir que la muestra realmente está en su mayoría comprendida en tuberías con profundidades menores a los 2.31 metros.

3.2.3.7 Avisos de Mantenimiento del Alcantarillado de los últimos 10 años - A

Los valores de la variable independiente “Avisos” medida en metros, del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

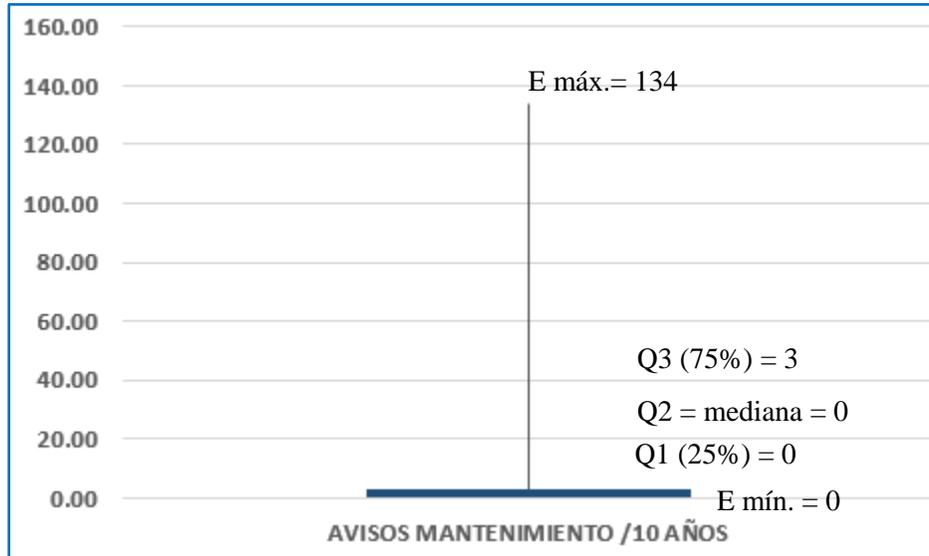


Figura 19.- Diagrama Caja y Bigotes, Avisos de Mantenimiento, de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

El bigote inferior (Emín, Q1) es más mucho más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -4.5$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 7.5$, se observan valores atípicos, en el rango máximo de la muestra.

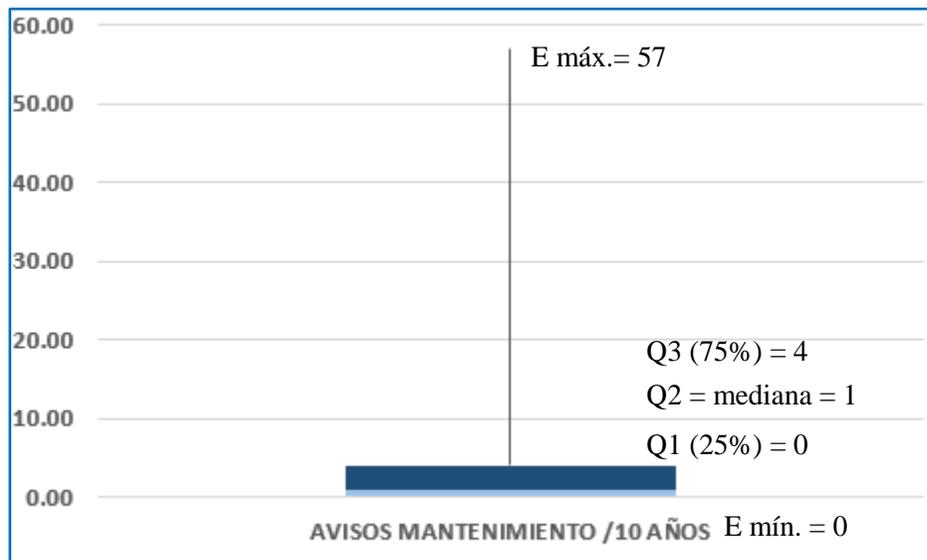


Figura 20.- Diagrama Caja y Bigotes, Avisos de Mantenimiento, tuberías muestra con CCTV

El bigote inferior (Emín, Q1) es más mucho más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil Q1 – 1.5RIC = -6 y el Máximo como el Cuartil Q3 + 1.5RIC = 10, se observan valores atípicos, en el rango máximo de la muestra.

3.2.3.8 Subsistencia de los Suelos - B

Los valores de la variable independiente “Subsistencia” medida en unidades de velocidad (cm/año), del universo de los datos, es decir de los 24.292 tramos, se observan en el siguiente Diagrama de Caja y Bigotes:

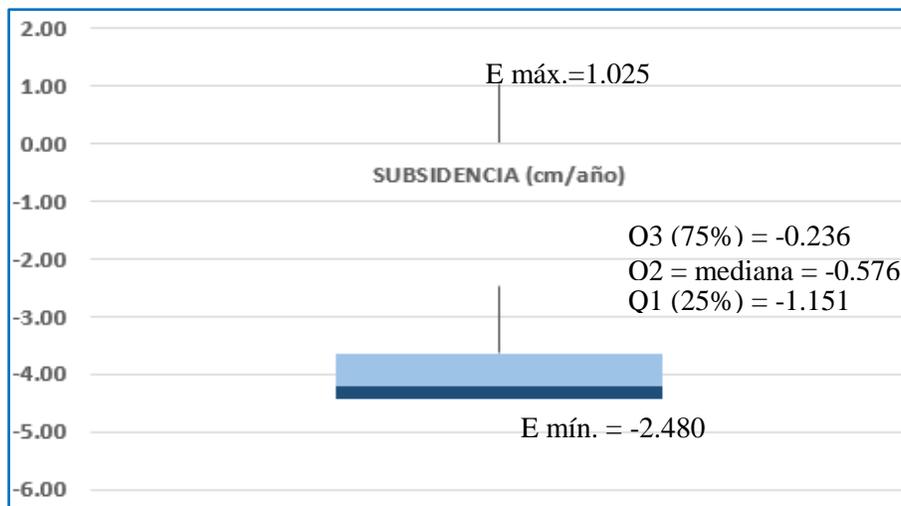


Figura 21.- Diagrama Caja y Bigotes, Subsistencia, de las redes locales de alcantarillado Sanitario Zona 1 EAAB

Se observa en el diagrama, que la caja inferior es menor que la superior; lo que representa que las subsistencias, comprendidas entre el 50% y el 75% de la población está más dispersa que entre el 25% y el 50%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil Q1 – 1.5RIC = -2.524 y el Máximo como el Cuartil Q3 + 1.5RIC = 1.137, no se observan valores atípicos, las subsistencias

La unidad de subsistencia, se expresa en velocidad medida en centímetros asentados por año, por lo que el valor mínimo del diagrama, representa en realidad el valor máximo de asentamiento, es decir el máximo asentamiento medio en el área de prestación de la Zona 1, es -2.480 cm/año, el valor máximo positivo, puede hacer referencia, tanto a errores de medición como a aumento de rasante por endurecimiento del suelo en procesos de urbanización.

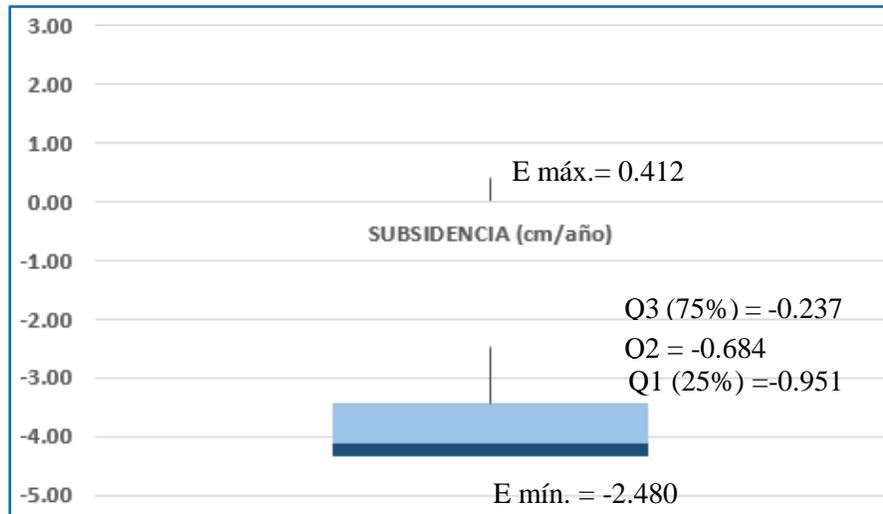


Figura 22.- Diagrama Caja y Bigotes, Subsistencia, tuberías muestra con CCTV

Se observa en el diagrama, que la caja inferior es menor que la superior; lo que representa que las subsidencias, comprendidas entre el 50% y el 75% de la población está más dispersa que entre el 25% y el 50%.

El bigote inferior (Emín, Q1) es más corto que el superior; por ello el 25% de las tuberías con profundidades más bajas, están más concentrados que el 25% de las tuberías más profundas.

Al calcular el Mínimo como el Cuartil $Q1 - 1.5RIC = -2.023$ y el Máximo como el Cuartil $Q3 + 1.5RIC = 0.835$, se observan valores atípicos, en el rango mínimo de la muestra, esto es en los valores máximos de asentamiento.

Finalmente, se consolida una base de datos total de 24.292 tramos de los cuales 738 tramos cuentan con grado estructural producto de inspección con CCTV, la cual se describe en detalle en el siguiente numeral.

3.2.4 Metodología propuesta para la Estimación del Estado Estructural de las Redes Locales de Alcantarillado Sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP.

Luego del proceso de depuración y consolidación de la información recopilada, mostrada en el numeral 3.3.3, finalmente se obtuvo una Base de Datos, en archivo .shp y .xlsx, de ArcMap y Excel, respectivamente, con un total de 24.292 tubos, la cual consta de los siguientes campos, para cada uno de los tramos:

1. IDSIG = Código único que identifica en el sistema de información geográfica de la EAAB ESP, a cada uno de los tramos de que se compone el sistema.
2. X = Coordenada Planas de Proyección Cartesiana en X (m)
3. Y = Coordenada Planas de Proyección Cartesiana en Y (m)
4. D = Diámetro del tubo (m)
5. L = Longitud del tubo (m)
6. S = Pendiente del tubo (%)
7. H = Profundidad medida de la cota rasante de la superficie a la cota clave del tubo (m)
8. E = Vejez o Edad de la tubería medida desde la fecha de instalación hasta diciembre 2018 o hasta fecha de inspección en los casos de tramos inspeccionados(años)
9. B = Subsistencia del suelo según valores de desplazamiento de imágenes interferométricas de radar de la plataforma SENTINEL-1 medida en unidades de velocidad (cm/año)
10. A = Avisos o Atención de mantenimientos al alcantarillado sanitario según información del Sistema Empresarial de la EAAB ESP, SAP, de los últimos 10 años (2008-2018). (avisos/tubo)
11. GE = Grado estructural de 1 a 5, según resultado de la inspección con CCTV realizada al tubo en el periodo comprendido entre los años 2017-2018.

En el caso de la variable material, que cuenta con 3 categorías, correspondientes a los materiales gres, PVC y Concreto, se incluyó en el modelo de dos formas diferentes, en unos modelos se utilizó como variable binaria, es decir $X=1$ cuando el material es GRES y $X=0$ cuando es diferente de GRES, es decir PVC o Concreto; en otros modelos la variable Material fue incluida como Variable Ficticia, que Ariaratnam (2001) la define de la siguiente manera: Las variables ficticias son variables explicativas artificiales en un modelo de regresión, que representan las categorías de la variable cualitativa. Cada variable asume uno de dos valores, 0 o 1, que indica si una observación cae en un grupo particular. Por ejemplo, hay tres categorías cuando se considera el tipo de desecho: sanitario, pluvial y combinado. La codificación variable ficticia se utiliza porque no supone distancia entre los grupos.

Una vez consolidada la base de datos, se procede a desarrollar el modelo de regresión logística, conforme a los diagramas de flujo 24,25, 26 y 27, en los cuales se plasman los pasos realizados para llevar a cabo cada uno de los modelos. Como se mencionó anteriormente, se desarrollaron 17 modelos, 13 de regresión logística binaria y 4 de regresión logística multinomial, 6 de estos modelos se desarrollaron teniendo en cuenta 408 CCTV, realizadas a las redes pertenecientes al polígono que

limita la Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros, de acuerdo a la clasificación del Plan de Ordenamiento Territorial POT 2009 y los otros 11 modelos se desarrollaron agregando 330 CCTV que fueron realizadas a redes por fuera de la UPZ Los Cedros, pero dentro del área de prestación de la Zona 1.

Los modelos de regresión logística son ampliamente utilizados no solo en el campo de la ingeniería, sino en muchas otras áreas, como la de la Medicina. Entre los propósitos del modelamiento estadístico se cuentan la descripción de información, la predicción y el análisis de un problema contextualizado en una situación real. Con su aplicación se pretende tener una herramienta con la cual, se pueda hacer una descripción de la realidad contenida en un conjunto de datos sin perder de vista que esta mirada es reducida o parcial. Los estudios que tienen como propósito la predicción, son de tipo prospectivo. La finalidad analítica de la regresión logística se enmarca en aquellos estudios que pretenden explicar por qué ocurre algo. Monroy y Rivera (2009)

La regresión logística es ampliamente usada, por lo que, en diferentes software estadísticos, ya se encuentra programada en la Librería de Funciones, es el caso del Software R y MATLAB. Para efectos del presente estudio se utiliza MATLAB.

MATLAB es el nombre abreviado de “Matriz Laboratory”. Es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices, y por tanto se puede trabajar también con números escalares (tanto reales como complejos), con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. MATLAB es un lenguaje de alto rendimiento para cálculos técnicos, es al mismo tiempo un entorno y un lenguaje de programación. Uno de sus puntos fuertes es que permite construir propias herramientas reutilizables. MATLAB, a parte del cálculo matricial y álgebra lineal, también puede manejar polinomios, funciones, ecuaciones diferenciales ordinarias, gráficos, entre otros. Manual de MATLAB, Casado Fernández.

La metodología usada para desarrollar el Modelo de regresión Logístico Binario MRLB, es la misma para desarrollar el Modelo de regresión Logística Multinomial MRLM, la diferencia radica en los resultados para “Y”, es decir, para predecir el Estado Estructural, que para el caso del MRLB la predicción de “Y” se asocia a dos estados, FALLA o NO FALLA, mientras que para el caso del MRLM, el resultado para “Y”, se asocia a la probabilidad de que el estado estructural se encuentre en alguno de los 5 grados estructurales asociados a la inspección; por lo que es frecuente encontrar un mejor ajuste para los MRLB, que para los MRL

La medida de ajuste utilizada para medir el desempeño del modelo es la Matriz de confusión. La matriz de confusión es una herramienta fundamental a la hora de evaluar el desempeño de un algoritmo de clasificación, ya que dará una mejor idea de cómo se está clasificando dicho algoritmo, a partir de un conteo de los aciertos y errores de cada una de las clases en la clasificación. Así se puede comprobar si el algoritmo está clasificando mal las clases y en qué medida. Recuperado de https://www.ecured.cu/Matrices_de_confusion.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	Verdaderos Positivos (VP)	Falsos Negativos (FN)
	Negativos	Falsos Positivos (FP)	Verdaderos Negativos (VN)

Figura 23.- Matriz de confusión

Recuperado de <https://www.dataschool.io/simple-guide-to-confusion-matrix-terminology>.

VP = Verdaderos positivos, que es la cantidad de positivos que fueron clasificados correctamente como positivos por el modelo

VN = Verdaderos Negativos, que es la cantidad de negativos que fueron clasificados correctamente como negativos por el modelo.

FN = Falsos Negativos, que es la cantidad de positivos que fueron clasificados incorrectamente como negativos.

FP = Falsos Positivos, que es la cantidad de negativos que fueron clasificados incorrectamente como positivos.

Por ejemplo, los Falsos Positivos, son aquellos casos en los que el registro que se tienen del CCTV arroja que el tramo se encuentra en estado $Y=0$, es decir, “NO FALLA”, pero la predicción indica que el tramo se encuentra en estado $Y=1$, es decir, “FALLA”, por lo que la predicción ha sido incorrecta. La palabra “falso” señala que la predicción del modelo fue errónea, y la palabra “positivo” indica que el modelo predijo que el estado es $Y=1$, es decir en estado de “FALLA”.

Con base en la Matriz de confusión, se pueden calcular métricas, tales como:

EXACTITUD (accuracy)= en general, ¿qué porcentaje de la muestra clasifica correctamente?

TASA DE ERROR (Misclassification Rate) = en general, ¿qué porcentaje de la muestra clasifica incorrectamente?

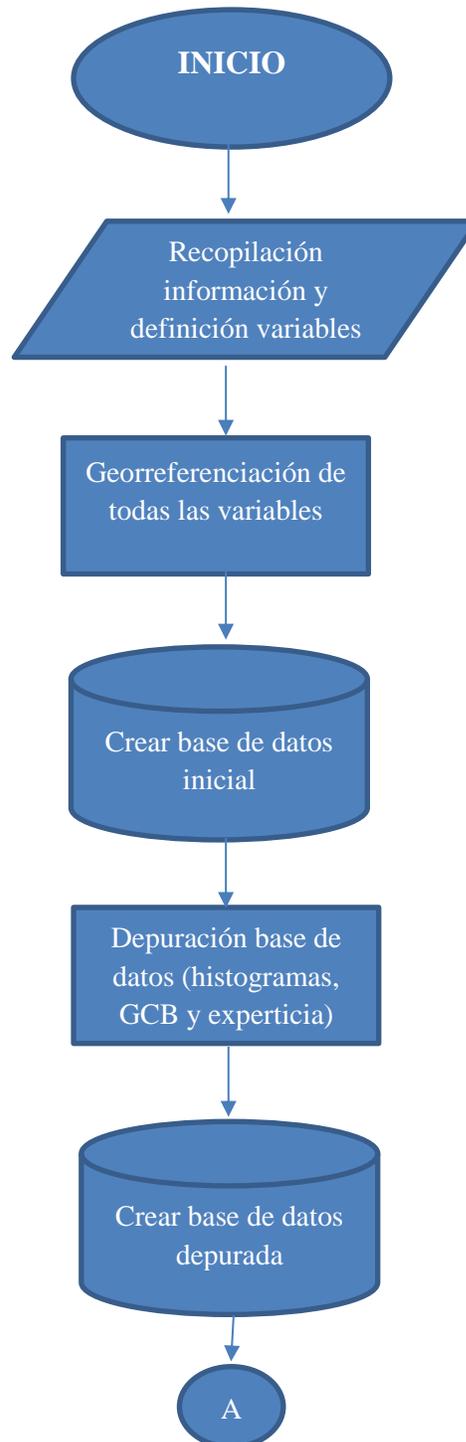
SENSIBILIDAD O TASA DE VERDADEROS POSITIVOS (Recall o True Positive Rate) = Cuando la clase es positiva, ¿qué porcentaje logra clasificar?

ESPECIFICIDAD (Specificity)= Cuando la clase es negativa, ¿qué porcentaje logra clasificar?

PRECISIÓN (Precision)= Cuando predice positivos, ¿qué porcentaje clasifica correctamente?

VALOR DE PREDICCIÓN NEGATIVO VPN (True Negative Rate)= Cuando predice positivos, ¿qué porcentaje clasifica correctamente?

DIAGRAMA DE FLUJO METODOLOGÍA DETERMINACIÓN ESTADO ESTRUCTURAL MEDIANTE MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA



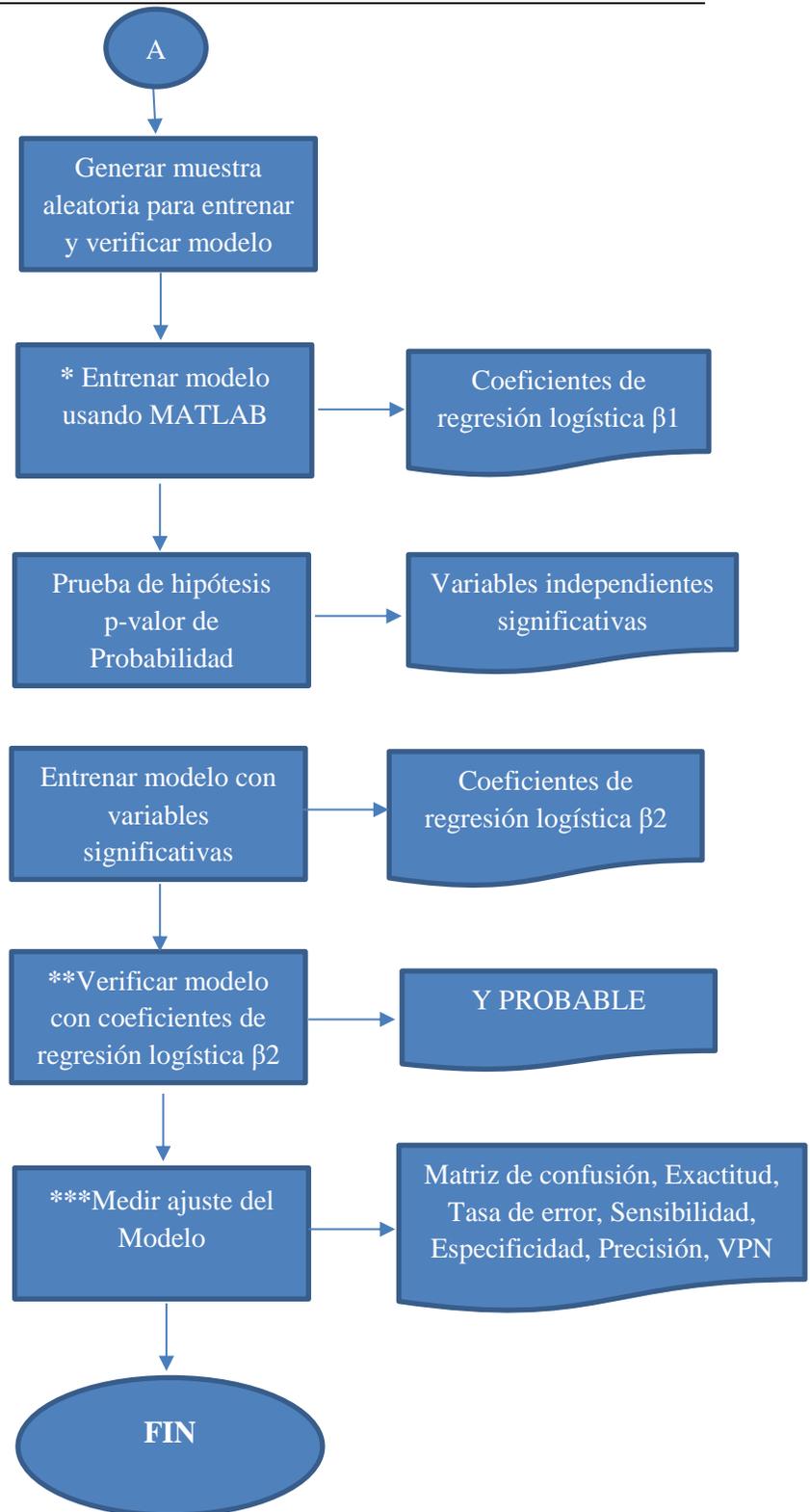
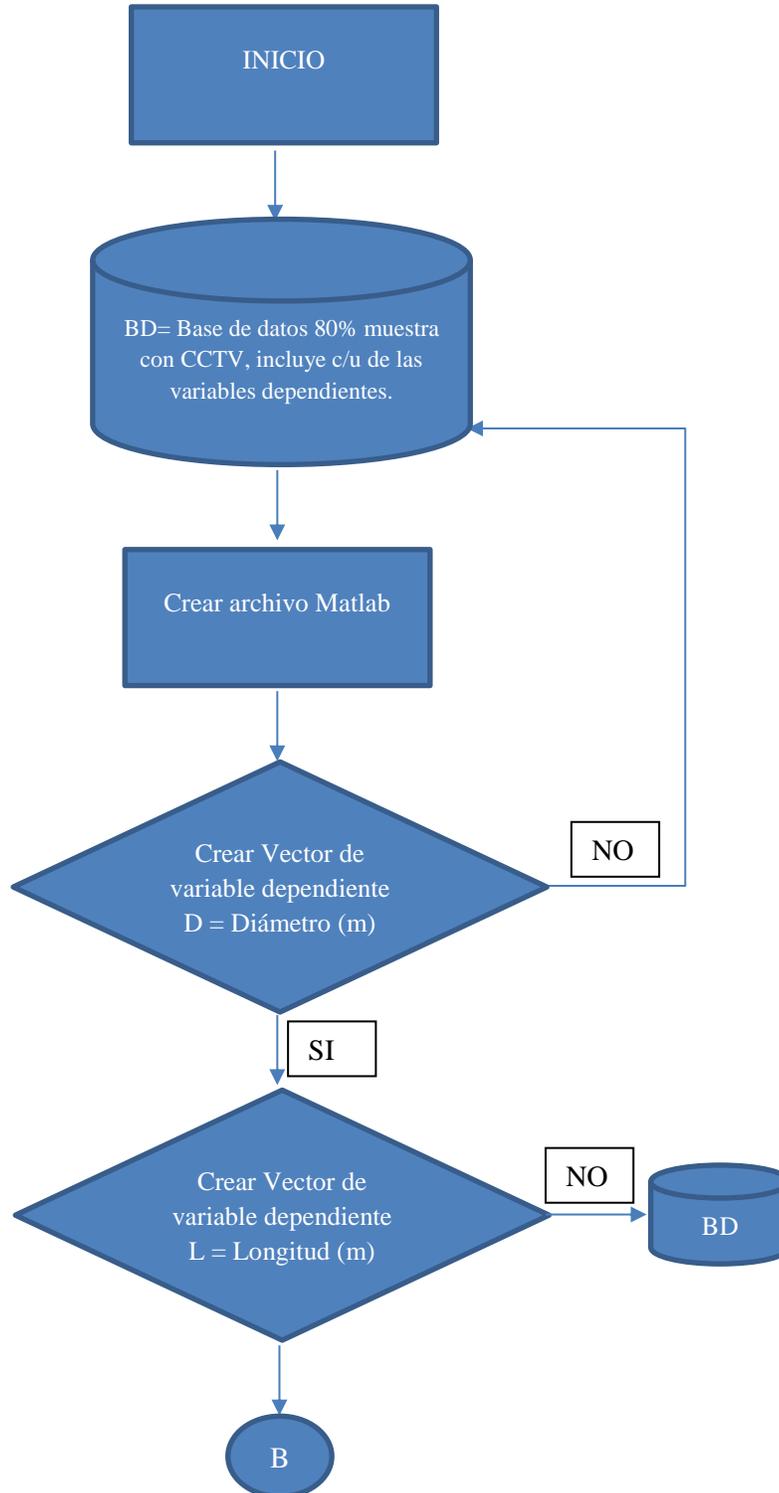
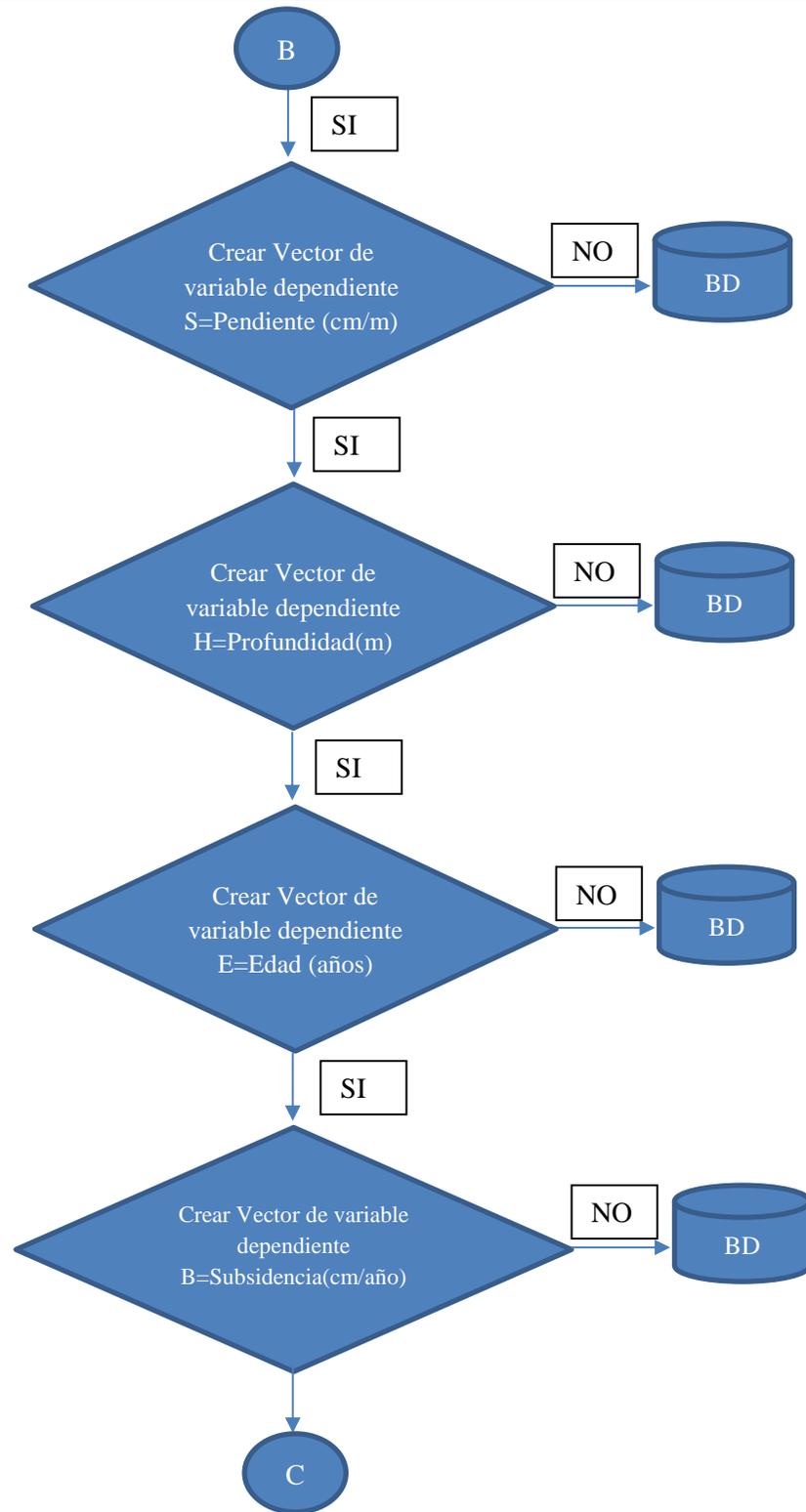


Figura 24.- Diagrama de Flujo Metodología Determinación Estado Estructural

* ENTRENAR MODELO EN MATLAB





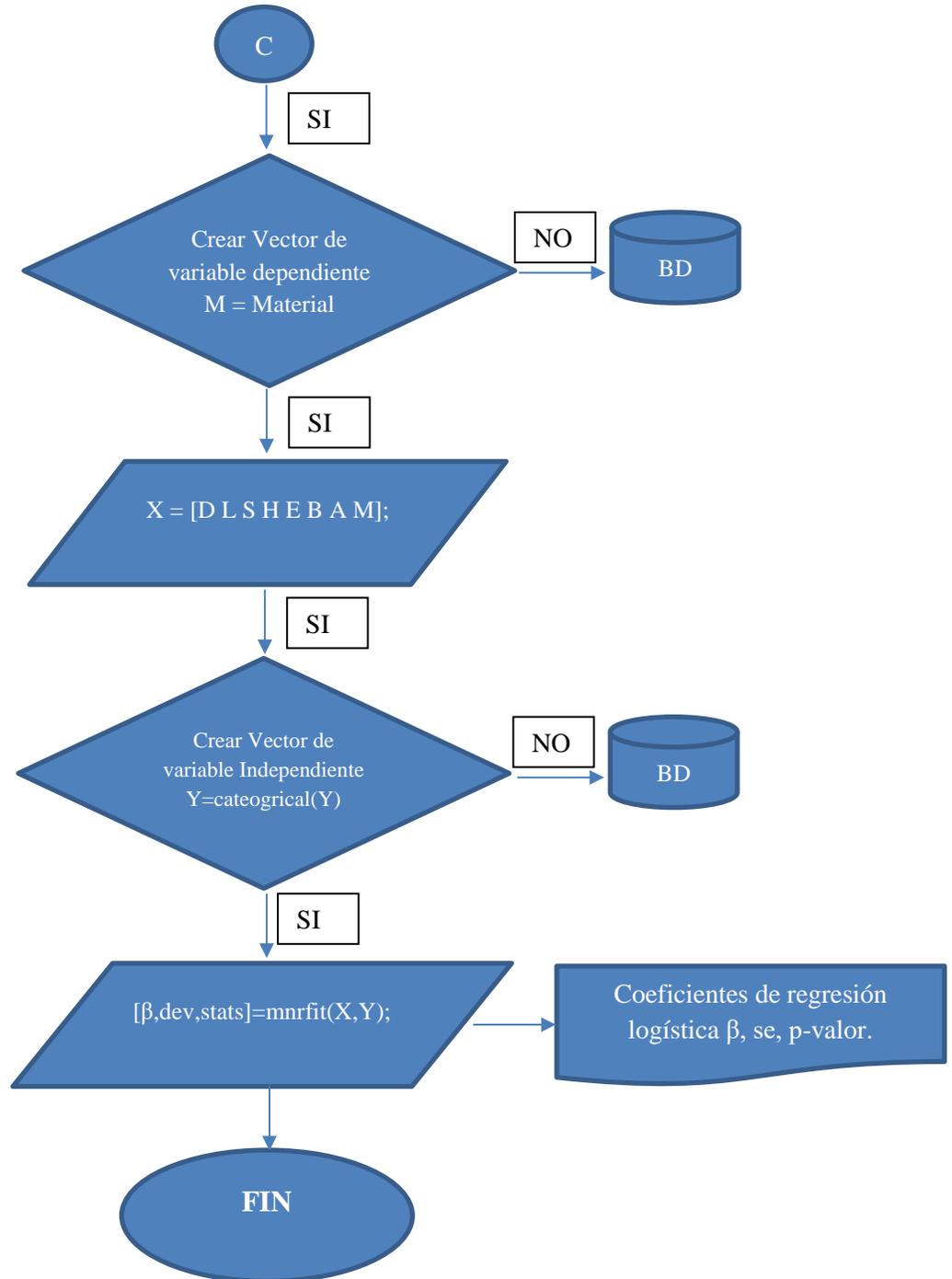


Figura 25.- Diagrama de Flujo Metodología Entregar Modelo de Regresión Logística

****VERIFICAR MODELO EN MATLAB**

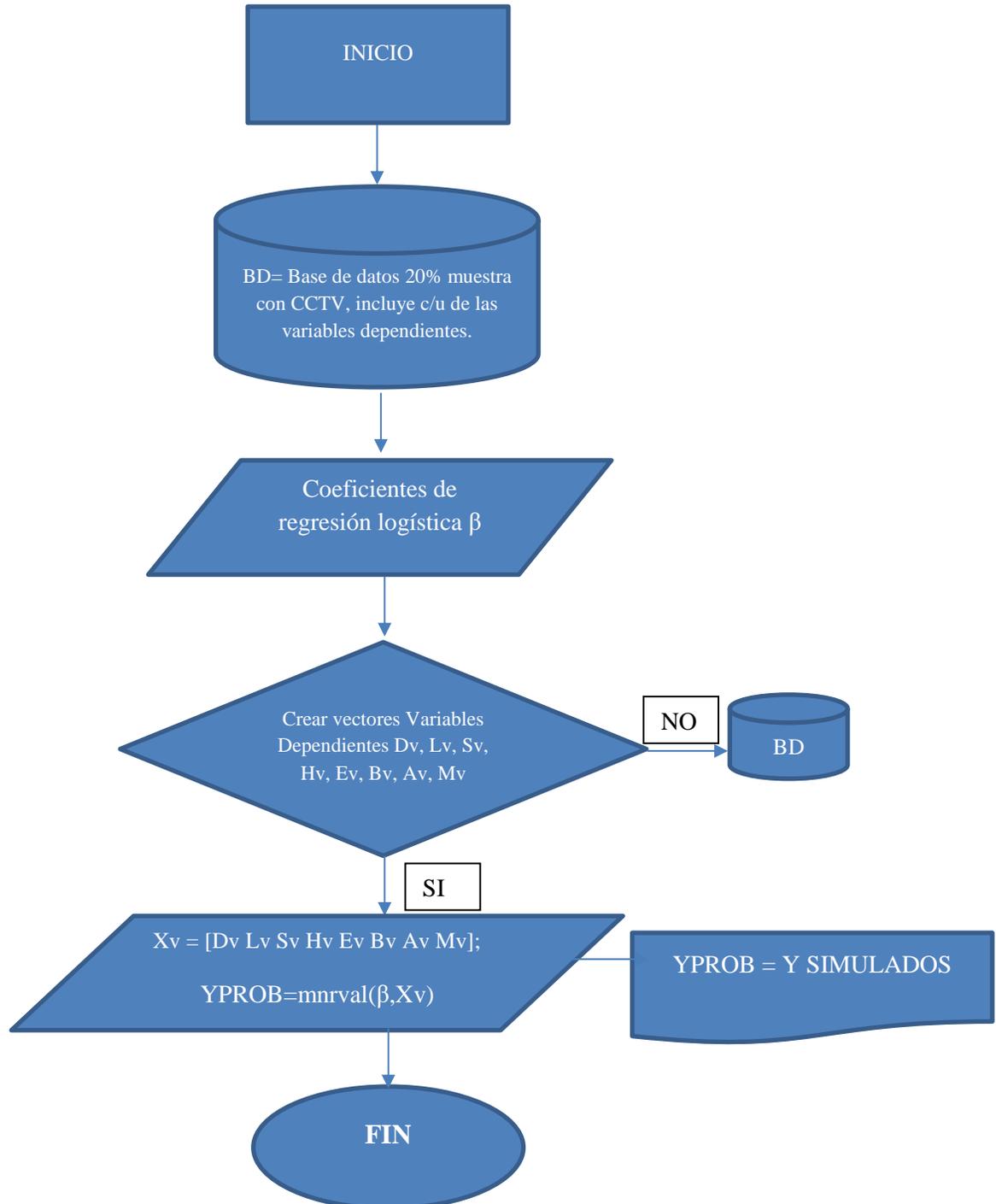


Figura 26.- Diagrama de Flujo Verificar Modelo de Regresión Logística

*****MEDIR EL AJUSTE DEL MODELO**

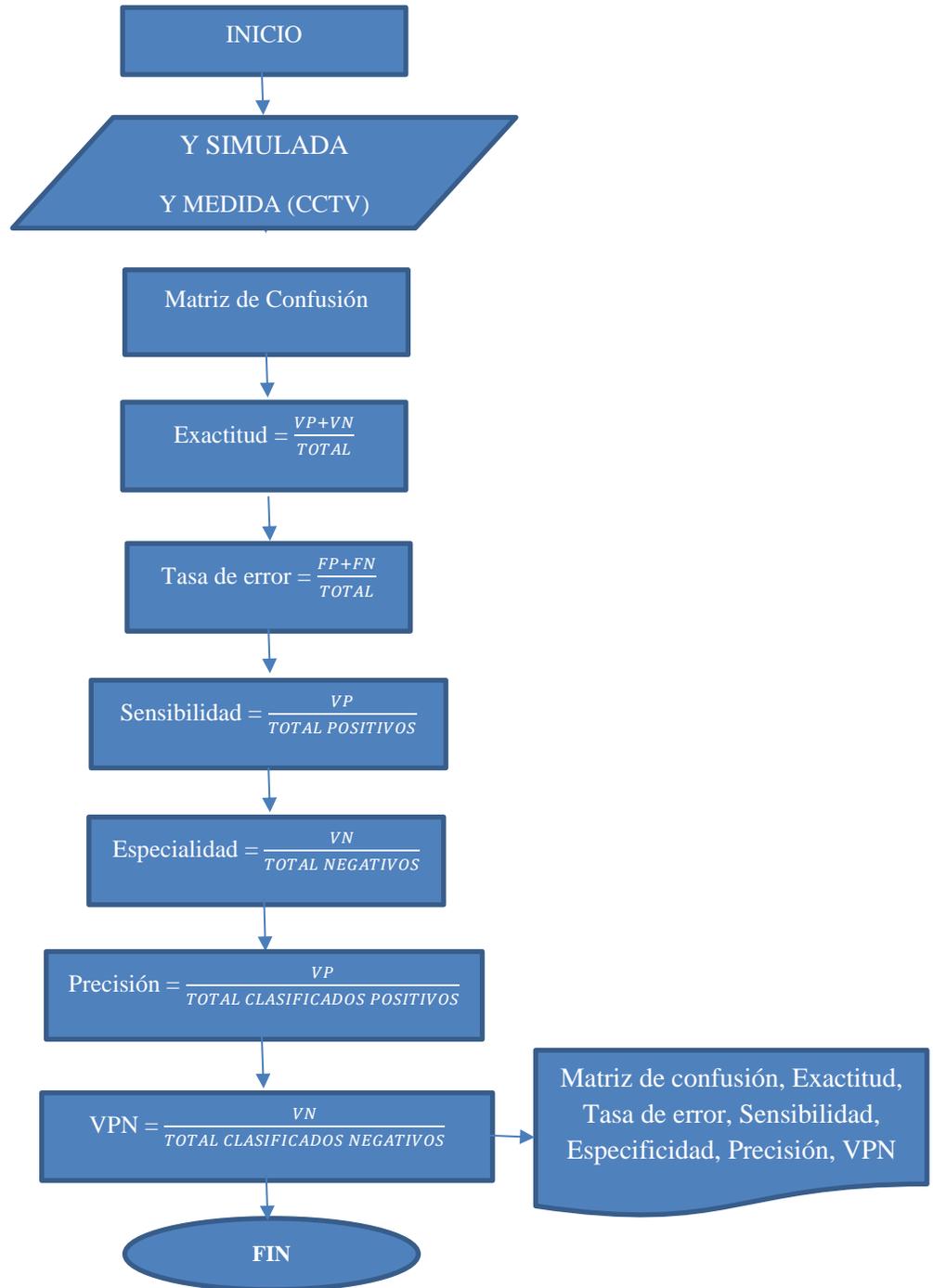


Figura 27.- Diagrama de Flujo Medir ajuste del Modelo de Regresión Logística

4 RESULTADOS

La metodología desarrollada en la sección 3.3. es probada para dos muestras de las inspecciones con CCTV obtenidas, en primer lugar se aplicó la metodología a la Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros, teniendo en cuenta la disponibilidad y concentración de las inspecciones recopiladas, sin embargo en el desarrollo de la investigación se tuvo acceso a inspecciones adicionales realizadas a diferentes tramos instalados dentro del área de prestación de la Zona 1 de la EAB ESP, relacionadas con áreas más heterogéneas, debido a la dispersión geográfica de la información. Por tanto, a continuación, se presentan en dos numerales 4.1.2 y 4.1.2, los resultados obtenidos en cada uno de los casos; es importante señalar que el modelo desarrollado para la muestra completa de las inspecciones, 738 CCTV, contiene los 408 CCTV, utilizados para el modelo desarrollado específicamente para la UPZ Los Cedros.

Sin embargo, como se observa en el numeral 4.1.3, cuatro fueron los modelos seleccionados para la predicción del estado estructural de los 23.554 tramos sin inspección, teniendo en cuenta, las evaluaciones de las matrices de confusión y de los resultados de las medidas de ajuste, de cada uno de los modelos desarrollados.

4.1 Caso de estudio

4.1.1 Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros

Desde el contexto urbanístico, en el marco del Plan de Ordenamiento Territorial vigente para Bogotá, Decreto 190 de 2004, la ciudad se divide en 20 Localidades, 92 Unidades de Planeamiento Zonal -UPZ, 2 Unidades de Planeamiento Rural - UPR y aproximadamente 1922 Barrios.

"La Unidad de Planeamiento Zonal -UPZ-, tiene como propósito definir y precisar el planeamiento del suelo urbano, respondiendo a la dinámica productiva de la ciudad y a su inserción en el contexto regional, involucrando a los actores sociales en la definición de aspectos de ordenamiento y control normativo a escala zonal" (Artículo 49 del Decreto 190 de 2004 Plan de Ordenamiento Territorial - POT). Las normas relacionadas con las UPZ, se reglamentan en los Decretos distritales 159 de 2004 y el 333 de 2010.

Es importante mencionar, que se puede considerar significativo el análisis de la información por Unidad de Planeamiento Zonal UPZ, toda vez que estas áreas agrupan barrios que han sido en su mayoría desarrollados de una manera homogénea, tanto en aspectos socioeconómicos, como ambientales, geológicos, geotécnicos, constructivos, de organización funcional, entre otros, de tal manera que puede realizarse un análisis aislado de la información, sin embargo no se desconoce, que el alcantarillado sanitario de Bogotá se encuentra agrupado por Unidades de Gestión de Alcantarillado, denominadas UGAs, las cuales se agrupan teniendo en cuenta otros criterios técnicos, principalmente el relacionado con la cuenca de drenaje a la que pertenecen cada una de las UGAs y

por tanto, la forma en que operativamente funciona el sistema, lo que no obedece en la mayoría de los casos a los límites definidos por las UPZ.

La UPZ Los Cedros se encuentra ubicada al Norte de la Ciudad en la Localidad de Usaquén, en el polígono comprendido por los siguientes límites, por el costado sur con la calle 134, por el norte con la calle 153, por el oriente con los cerros orientales aproximadamente a la altura de la carrera 4 y por el occidente con la Autopista Norte (Avenida carrera 45). Los Decretos 271 de 2005 y 266 de 2015, reglamentaron urbanísticamente la UPZ Los Cedros, conforme al POT 190 de 2004, y los cuales plantean que la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No.13 LOS CEDROS hace parte de las áreas residenciales del norte de la ciudad y se configura como una zona de vivienda consolidada en estratos medios y altos, que requiere vincularse funcionalmente al contexto regional y urbano a través de ejes viales de integración urbana. Por otra parte, participa del territorio denominado Borde Oriental como transición entre el suelo urbano del Distrito Capital y la zona de reserva forestal nacional de los Cerros Orientales. Esta UPZ se halla influenciada por las centralidades de Usaquén – Santa Bárbara, Prado Veraniego y Toberín – La Paz.

La UPZ Los Cedros, es la de mayor índice de redensificación en los últimos 5 años, dentro de la Zona 1, razón por la cual, la EAAB ha priorizado estudios y diseños encaminados en la optimización de la capacidad estructural e hidráulica de la infraestructura de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial.

Es así, como se obtienen para este estudio 408 CCTV realizados durante el 2018, muestra a la que le fue aplicada la metodología desarrollada en el capítulo anterior.

Para los CCTV de la UPZ Los Cedros, se desarrollaron los siguientes 6 modelos de regresión logística, de los 408 CCTV, se utilizaron 326 para entrenar el modelo y 82 para su verificación:

4.1.1.1 Modelo Regresión Logística Binaria con todas las Variables (MB = M Binario)

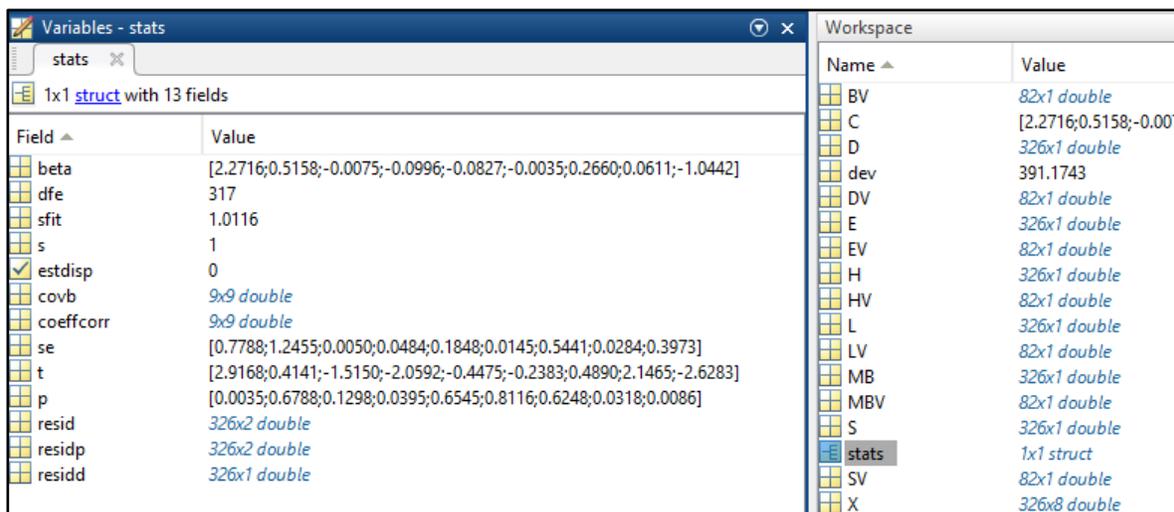


Figura 28.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las Variables (MB = M Binario)

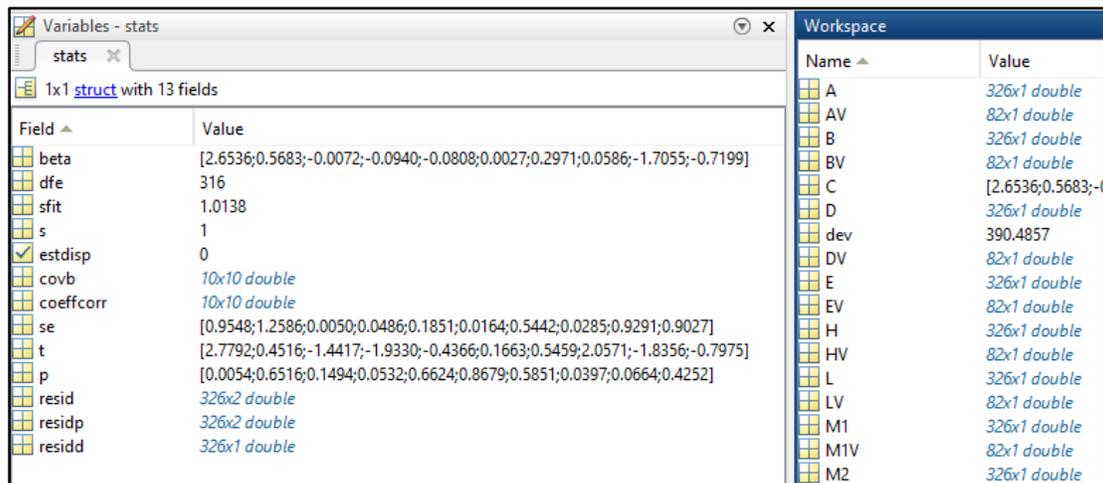
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	3	24
	Negativos	2	53

Tabla 14.- Matriz de Confusión MRLB con todas las Variables (MB = M Binario)

Exactitud (Accuracy)	68%
Tasa de error (Misclassification Rate)	32%
Sensibilidad, exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	11%
Especificidad, tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	96%
Precisión	60%
Valor de predicción negativo VPN	69%

Tabla 15.- Medidas de Ajuste MRLB con todas las Variables (MB = M Binario)

4.1.1.2 Modelo Regresión Logística Binaria con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)



The screenshot shows the MATLAB workspace with a list of variables and their values. The variables include A, AV, B, BV, C, D, dev, DV, E, EV, H, HV, L, LV, M1, M1V, and M2. The values are mostly double arrays of various sizes (e.g., 326x1, 82x1, 10x10).

Figura 29.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)

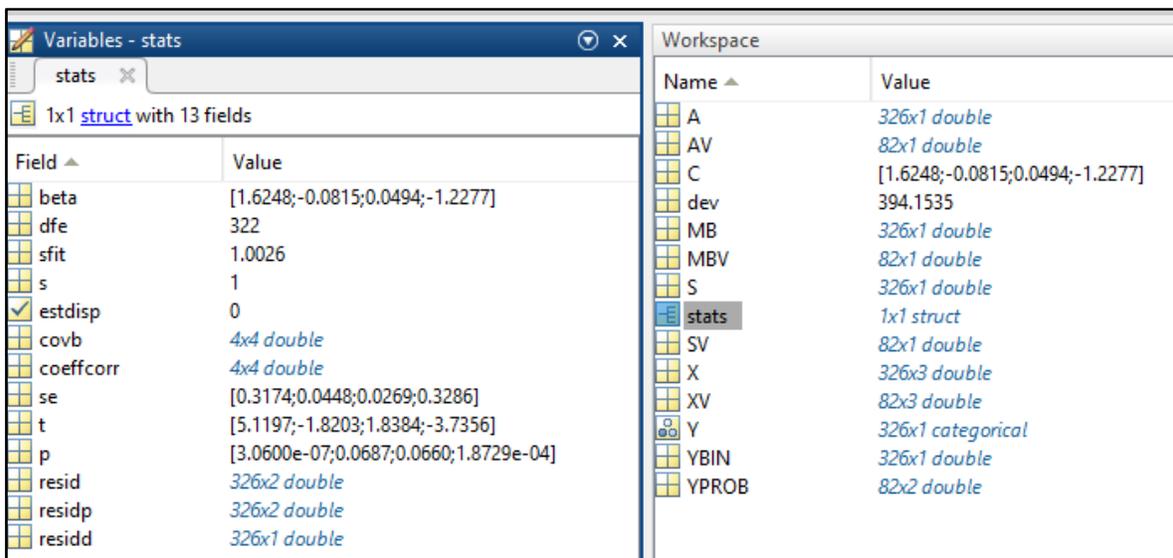
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	3	24
	Negativos	1	54

Tabla 16.- Matriz de Confusión, MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)

Exactitud (Accuracy)	70%
Tasa de error (Misclassification Rate)	30%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	11%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	98%
Precisión	75%
Valor de predicción negativo VPN	69%

Tabla 17.- Medidas de Ajuste MRLB con todas las Variables (Mficticia = M1 y M2)

4.1.1.3 Modelo Regresión Logística Binaria con las variables S, A y MB



Field	Value
beta	[1.6248;-0.0815;0.0494;-1.2277]
dfe	322
sfit	1.0026
s	1
estdisp	0
covb	4x4 double
coeffcorr	4x4 double
se	[0.3174;0.0448;0.0269;0.3286]
t	[5.1197;-1.8203;1.8384;-3.7356]
p	[3.0600e-07;0.0687;0.0660;1.8729e-04]
resid	326x2 double
residp	326x2 double
residd	326x1 double

Name		Value
A		326x1 double
AV		82x1 double
C		[1.6248;-0.0815;0.0494;-1.2277]
dev		394.1535
MB		326x1 double
MBV		82x1 double
S		326x1 double
stats		1x1 struct
SV		82x1 double
X		326x3 double
XV		82x3 double
Y		326x1 categorical
YBIN		326x1 double
YPROB		82x2 double

Figura 30.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, A y MB

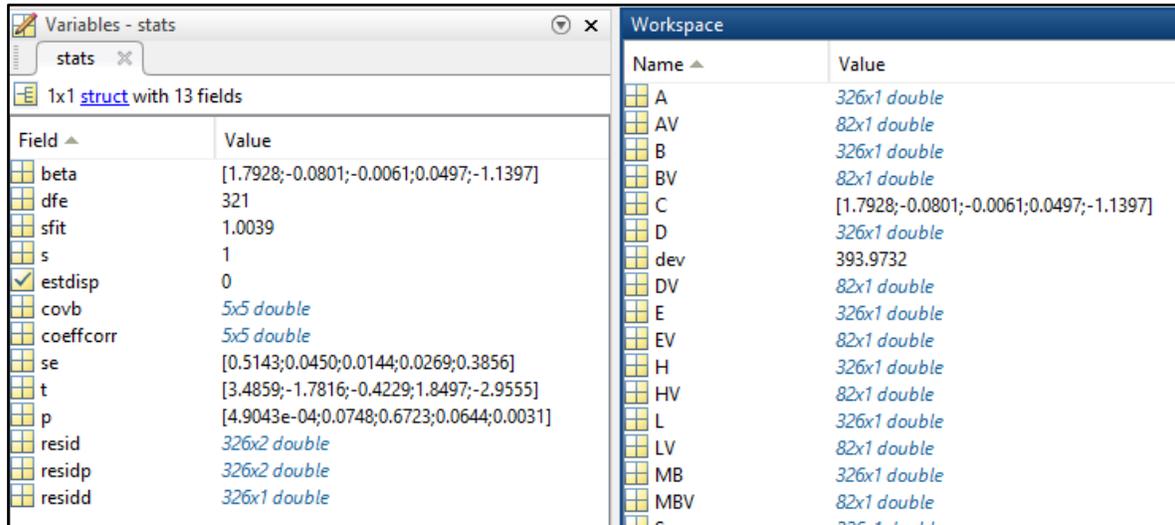
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	2	25
	Negativos	4	51

Tabla 18.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, A y MB

Exactitud (Accuracy)	65%
Tasa de error (Misclassification Rate)	35%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	7%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	93%
Precisión	33%
Valor de predicción negativo VPN	67%

Tabla 19.- Medidas de Ajuste MRLB con las variables S, A y MB

4.1.1.4 Modelo Regresión Logística Binaria con las variables S, E, A y MB



Field	Value
beta	[1.7928;-0.0801;-0.0061;0.0497;-1.1397]
dfe	321
sfit	1.0039
s	1
estdisp	0
covb	5x5 double
coeffcorr	5x5 double
se	[0.5143;0.0450;0.0144;0.0269;0.3856]
t	[3.4859;-1.7816;-0.4229;1.8497;-2.9555]
p	[4.9043e-04;0.0748;0.6723;0.0644;0.0031]
resid	326x2 double
residp	326x2 double
residd	326x1 double

Name	Value
A	326x1 double
AV	82x1 double
B	326x1 double
BV	82x1 double
C	[1.7928;-0.0801;-0.0061;0.0497;-1.1397]
D	326x1 double
dev	393.9732
DV	82x1 double
E	326x1 double
EV	82x1 double
H	326x1 double
HV	82x1 double
L	326x1 double
LV	82x1 double
MB	326x1 double
MBV	82x1 double

Figura 31.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A y MB

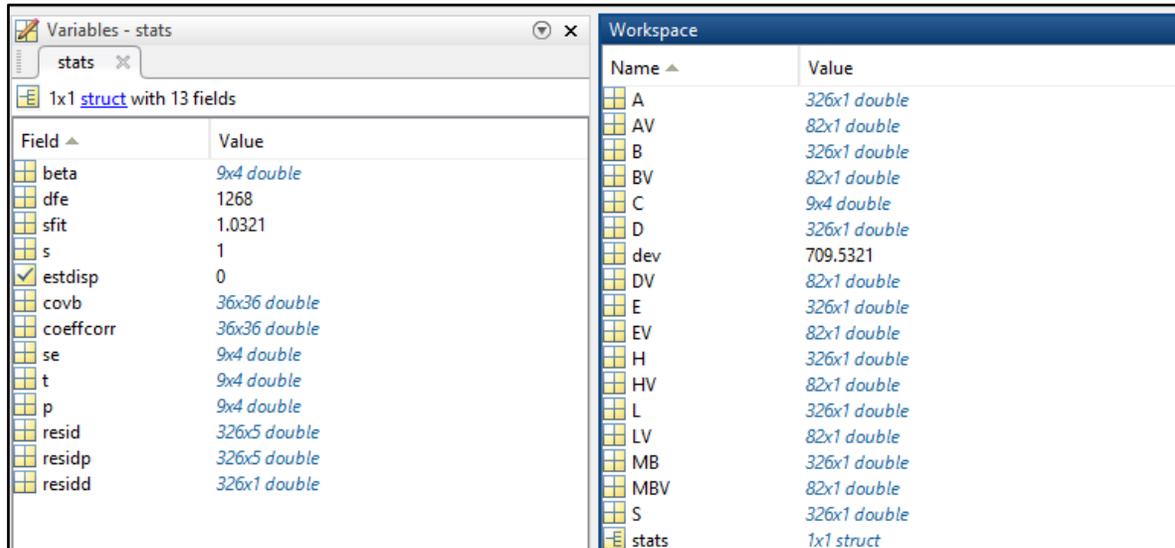
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	2	25
	Negativos	3	52

Tabla 20.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A y MB

Exactitud (Accuracy)	66%
Tasa de error (Misclassification Rate)	34%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	7%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	95%
Precisión	40%
Valor de predicción negativo VPN	68%

Tabla 21.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A y MB

4.1.1.5 Modelo Regresión Logística Multinomial con todas las variables (MB = M Binario)



Field	Value
beta	9x4 double
dfe	1268
sfit	1.0321
s	1
estdisp	0
covb	36x36 double
coeffcorr	36x36 double
se	9x4 double
t	9x4 double
p	9x4 double
resid	326x5 double
residp	326x5 double
residd	326x1 double

Name	Value
A	326x1 double
AV	82x1 double
B	326x1 double
BV	82x1 double
C	9x4 double
D	326x1 double
dev	709.5321
DV	82x1 double
E	326x1 double
EV	82x1 double
H	326x1 double
HV	82x1 double
L	326x1 double
LV	82x1 double
MB	326x1 double
MBV	82x1 double
S	326x1 double
stats	1x1 struct

Tabla 22.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)

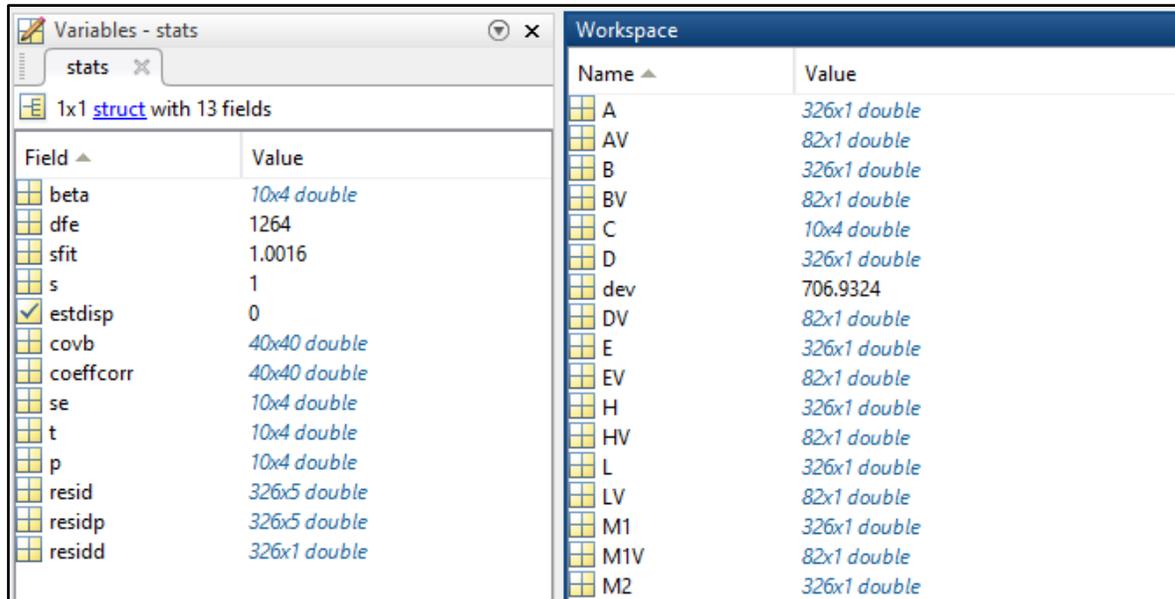
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	0	42
	Negativos	2	38

Tabla 23.- Matriz de Confusión, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)

Exactitud (Accuracy)	46%
Tasa de error (Misclassification Rate)	54%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive)	0%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	69%
Precisión	0%
Valor de predicción negativo VPV	48%

Tabla 24.- Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (MB = M Binario)

4.1.1.6 Modelo Regresión Logística Multinomial con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)



Field	Value
beta	10x4 double
dfe	1264
sfit	1.0016
s	1
estdisp	0
covb	40x40 double
coeffcorr	40x40 double
se	10x4 double
t	10x4 double
p	10x4 double
resid	326x5 double
residp	326x5 double
residd	326x1 double

Name	Value
A	326x1 double
AV	82x1 double
B	326x1 double
BV	82x1 double
C	10x4 double
D	326x1 double
dev	706.9324
DV	82x1 double
E	326x1 double
EV	82x1 double
H	326x1 double
HV	82x1 double
L	326x1 double
LV	82x1 double
M1	326x1 double
M1V	82x1 double
M2	326x1 double

Figura 32.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	0	42
	Negativos	2	38

Tabla 25.- Matriz de confusión, MRLM con todas las variables Mficticia = M1 y M2)

Exactitud (Accuracy)	46%
Tasa de error (Misclassification Rate)	54%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive)	0%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (especificity, true negative rate)	69%
Precisión	0%
Valor de predicción negativo VPN	48%

Tabla 26.- Medida de Ajuste, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

Los resultados obtenidos en los 6 modelos de regresión logística desarrollados con los 408 CCTV contenidos en la UPZ LOS CEDROS, se resumen a continuación:

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	TRAMOS TOTALES	MUESTRA	DATOS ENTRENAR 80%	DATOS VERIFICAR 20%
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	1958	408	326	82
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)				
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, A y MB				
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB				
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)				
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)				

Tabla 27.- Modelos de Regresión Logística MRL UPZ Los Cedros

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	VARIABLES UTILIZADAS									
		D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	X	X	X	X	X	X	X		X	X
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, A y MB			X				X	X		
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB			X		X		X	X		
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	X	X	X	X	X	X	X	X		
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	X	X	X	X	X	X	X		X	X

Tabla 28.- Variables utilizadas en MRL UPZ Los Cedros

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	COEFICIENTES REGRESIÓN LOGÍSTICA										
		INTERCEPTO	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	2.272	0.516	-0.008	-0.100	-0.083	-0.003	0.266	0.061	-1.044		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	2.654	0.568	-0.007	-0.094	-0.081	0.003	0.297	0.059		-0.720	-0.720
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, A y MB	1.625			-0.081				0.049	-1.228		
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	1.793			-0.080		-0.006		0.050	-1.140		
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	MATRIZ										
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	MATRIZ										

Tabla 29.- Coeficientes de Regresión MRL UPZ Los Cedros

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	PRUEBA DE HIPÓTESIS P-VALOR										
		INTERCEPTO	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	0.0035	0.6788	0.1298	0.0395	0.6545	0.8116	0.6248	0.0318	0.0086		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	0.0054	0.6516	0.1494	0.0532	0.6624	0.8679	0.5851	0.0397		0.0664	0.4252
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, A y MB	0.0000			0.0687				0.0660	0.0002		
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	0.0005			0.0748		0.6723		0.0644	0.0031		
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	MATRIZ										
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	MATRIZ										

Tabla 30.- Prueba de hipótesis p-valor MRL UPZ Los Cedros

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	MATRIZ DE CONFUSIÓN									
		VN	FN	VP	FP	Exactitud	Tasa de error	Sensibilidad	Especificidad	Precisión	VPN
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	53	24	3	2	68%	32%	11%	96%	60%	69%
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	54	24	3	1	70%	30%	11%	98%	75%	69%
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, A y MB	51	25	2	4	65%	35%	7%	93%	33%	67%
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	52	25	2	3	66%	34%	7%	95%	40%	68%
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)										
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)										

Tabla 31.- Medida de Ajuste Matriz de Confusión MRL UPZ Los Cedros

4.1.2 Zona 1 de la EAAB

La Zona 1 de la EAAB, se encuentra comprendida entre los siguientes límites del área urbana de la ciudad de Bogotá: Al Sur por la calle 88, al Norte aproximadamente por la 220, al Oriente por los Cerros Orientales y al Occidente por el Río Bogotá; con alrededor de 576.000 usuarios, de los cuales el 92% son de uso residencial, el 7% comercial y el restante pertenecen a otros tipos de uso; la Gerencia Zona 1 es la responsable de realizar la gestión comercial, así como del Mantenimiento y Operación de la infraestructura local instalada, compuesta por 1.626 km de redes menores de acueducto, 1.236 km de redes locales de alcantarillado sanitario y 1236 km de redes locales de alcantarillado pluvial, 25 canales y 5 humedales, en un área aproximada de 8.741 ha.

En este caso, se desarrollaron 11 modelos de regresión logística a los 738 CCTV realizados en las redes locales de alcantarillado sanitario, instaladas dentro del área de prestación de la Zona 1 de la EAAB, es decir son 330 CCTV adicionales a los utilizados en los modelos desarrollados en el numeral 4.1.1. Son 9 modelos de regresión logística binaria MRLB y 2 de regresión logística Multinomial MRLM, los resultados de los MRLM son muy deficientes, dado que la predicción debe darse entre 5 estados y no en 2, como ocurre en el modelo binario, por lo que el estudio se centra en los Modelos de Regresión Logística Binaria.

Para Entrenar los modelos se utilizaron 590 CCTV y para su verificación se utilizaron los 148 CCTV restantes, esto corresponde al 80% y 20%, respectivamente.

4.1.2.1 Modelo Regresión Logística binaria con todas las variables (MB=M binario)

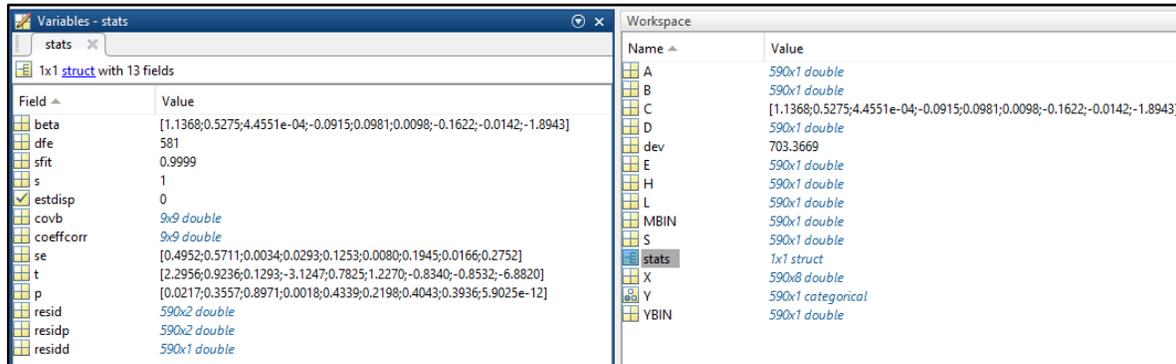


Figura 33.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las variables (MB=M binario)

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	13	36
	Negativos	30	69

Tabla 32.- Matriz de Confusión, MRLB con todas las variables (MB=M binario)

Exactitud (Accuracy)	55%
Tasa de error (Misclassification Rate)	45%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive)	27%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	70%
Precisión	30%
Valor de predicción negativo VPN	66%

Tabla 33.- Medidas de Ajuste, MRLB con todas las variables (MB=M binario)

4.1.2.2 Modelo Regresión Logística binaria con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

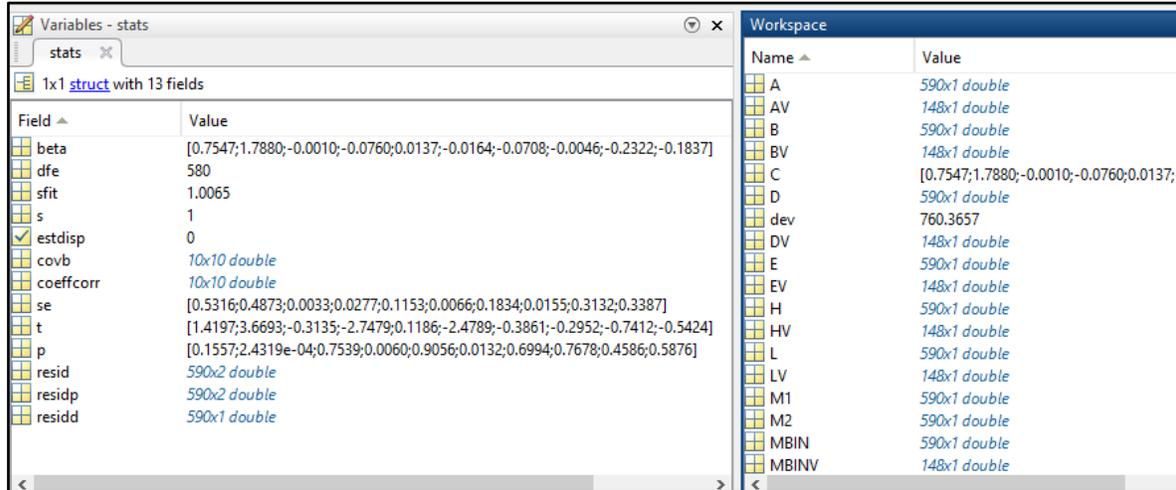


Figura 34.- Pantalla MATLAB, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	6	43
	Negativos	7	92

Tabla 34.- Matriz de Confusión, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

Exactitud (Accuracy)	66%
Tasa de error (Misclassification Rate)	34%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	12%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	93%
Precisión	46%
Valor de predicción negativo VPN	68%

Tabla 35.- Medidas de Ajuste, MRLB con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

4.1.2.3 Modelo Regresión Logística binaria con las variables D, S y E.

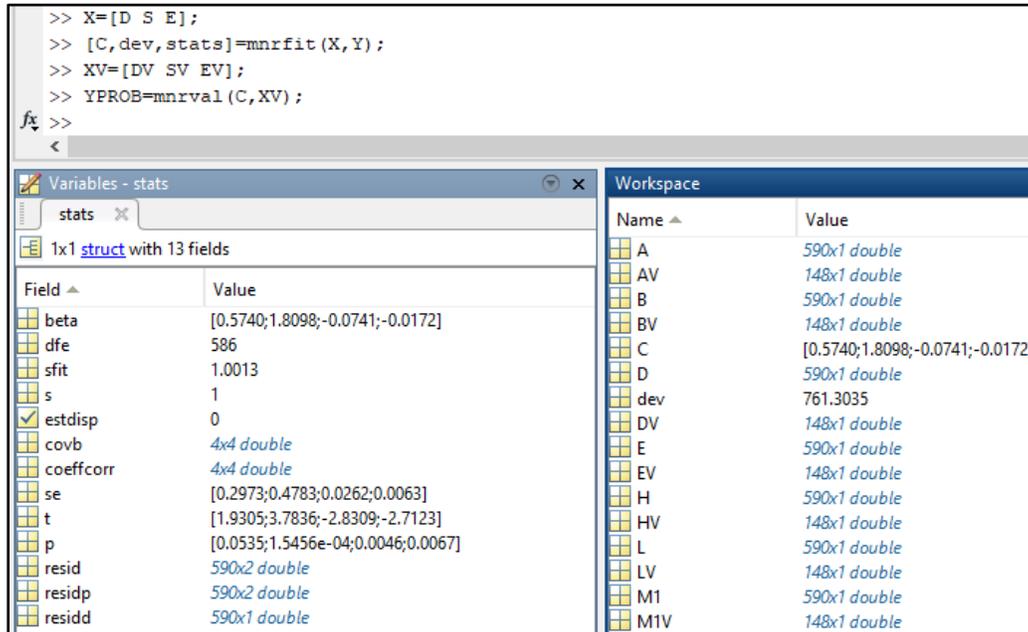


Figura 35.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S y E.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	5	44
	Negativos	8	91

Tabla 36.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S y E.

Exactitud (Accuracy)	65%
Tasa de error (Misclassification Rate)	35%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	10%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	92%
Precisión	38%
Valor de predicción negativo VPB	67%

Tabla 37.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S y E.

4.1.2.4 Modelo Regresión Logística binaria con las variables D, S, E y A.

```
>> X=[D S E A];
>> [C,dev,stats]=mnrfit(X,Y);
>> XV=[DV SV EV AV];
>> YPROB=mnrval(C,XV);
fx >>
```

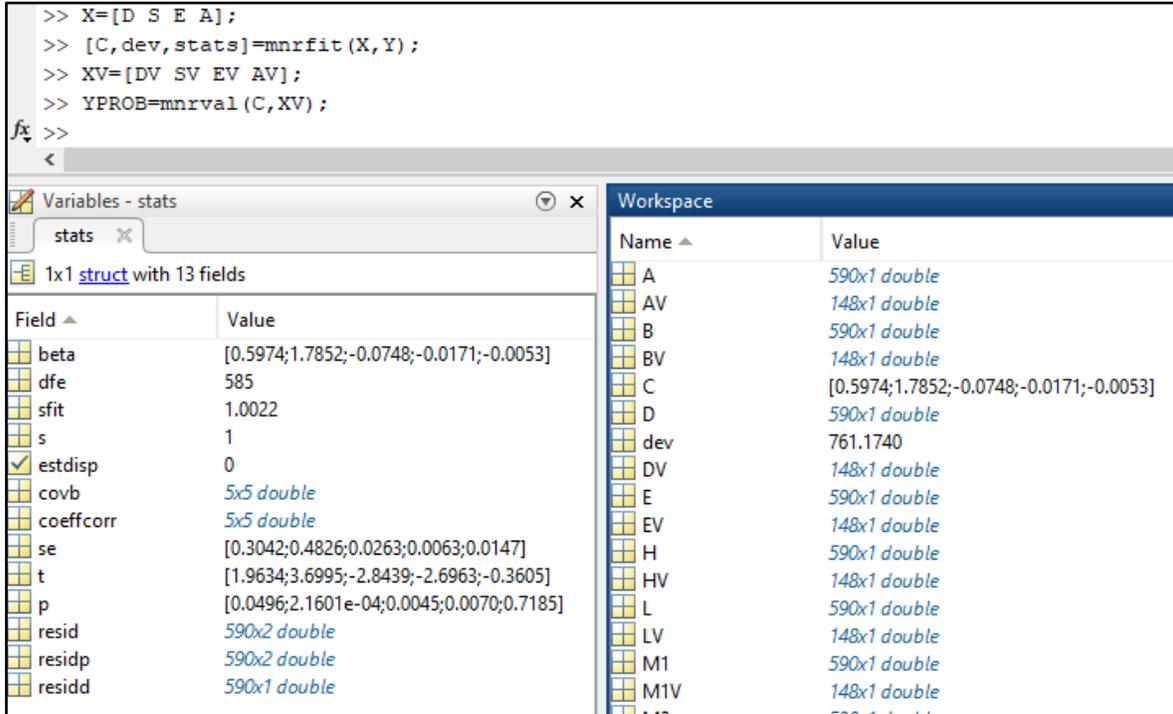


Figura 36.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S, E y A.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	5	44
	Negativos	8	91

Tabla 38. Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S, E y A.

Exactitud (Accuracy)	65%
Tasa de error (Misclassification Rate)	35%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	10%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	92%
Precisión	38%
Valor de predicción negativo VPN	67%

Tabla 39.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S, E y A.

4.1.2.5 Modelo Regresión Logística binaria con las variables D, S, E, A, M1 y M2.

```
>> X=[D S E A M1 M2];
>> [C,dev,stats]=mnrfit(X,Y);
>> XV=[DV SV EV AV M1V M2V];
>> YPROB=mnrval(C,XV);
fx >>
<
```

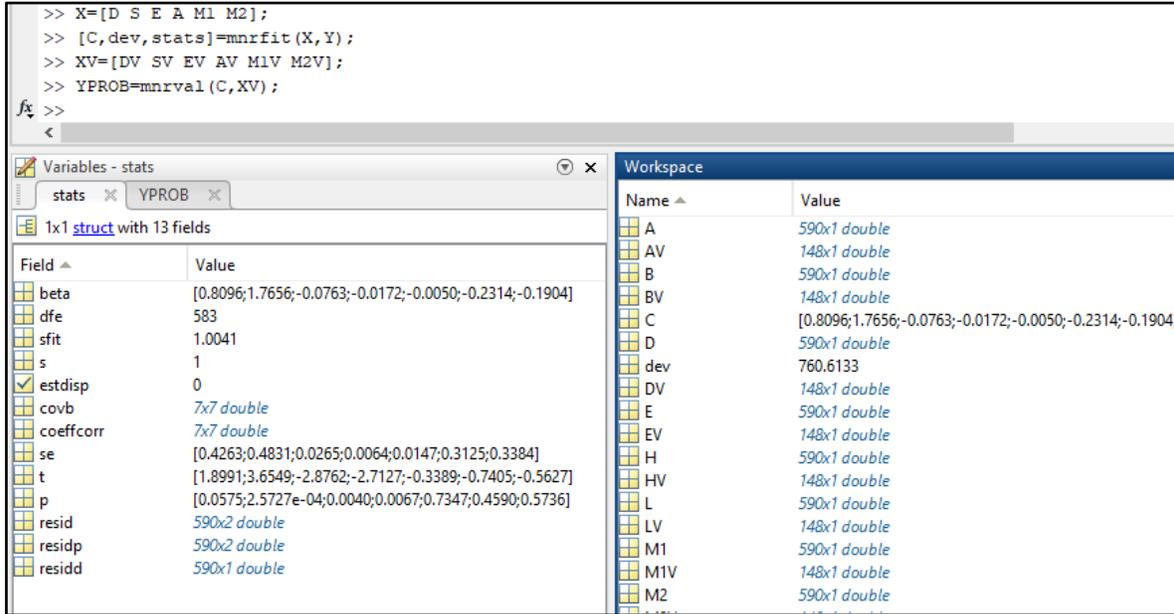


Figura 37.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	5	44
	Negativos	8	91

Tabla 40.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.

Exactitud (Accuracy)	65%
Tasa de error (Misclassification Rate)	35%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	10%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	92%
Precisión	38%
Valor de predicción negativo VPN	67%

Tabla 41.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables D, S, E, A, M1 y M2.

4.1.2.6 Modelo Regresión Logística binaria con las variables S, E, A, M1 y M2.

```
>> X=[S E A M1 M2];
>> [C,dev,stats]=mnrfit(X,Y);
>> XV=[SV EV AV M1V M2V];
>> YPROB=mnrval(C,XV);
>>
```

Field	Value
beta	[1.4060;-0.0869;-0.0143;-0.0139;-0.2998;-0.2763]
dfe	584
sfit	1.0057
s	1
estdisp	0
covb	6x6 double
coeffcorr	6x6 double
se	[0.3870;0.0265;0.0060;0.0145;0.3092;0.3341]
t	[3.6334;-3.2770;-2.3645;-0.9627;-0.9696;-0.8268]
p	[2.7974e-04;0.0010;0.0181;0.3357;0.3322;0.4083]
resid	590x2 double
residp	590x2 double
residd	590x1 double

Name	Value
A	590x1 double
AV	148x1 double
B	590x1 double
BV	148x1 double
C	[1.4060;-0.0869;-0.0143;-0.0139;-0.2998;-0.2763]
D	590x1 double
dev	776.6118
DV	148x1 double
E	590x1 double
EV	148x1 double
H	590x1 double
HV	148x1 double
L	590x1 double
LV	148x1 double
M1	590x1 double
M1V	148x1 double

Tabla 42.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	6	43
	Negativos	5	94

Tabla 43.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.

Exactitud (Accuracy)	68%
Tasa de error (Misclassification Rate)	32%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	12%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	95%
Precisión	55%
Valor de predicción negativo VPN	69%

Tabla 44.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A, M1 Y M2.

4.1.2.7 Modelo Regresión Logística binaria con las variables S y E.

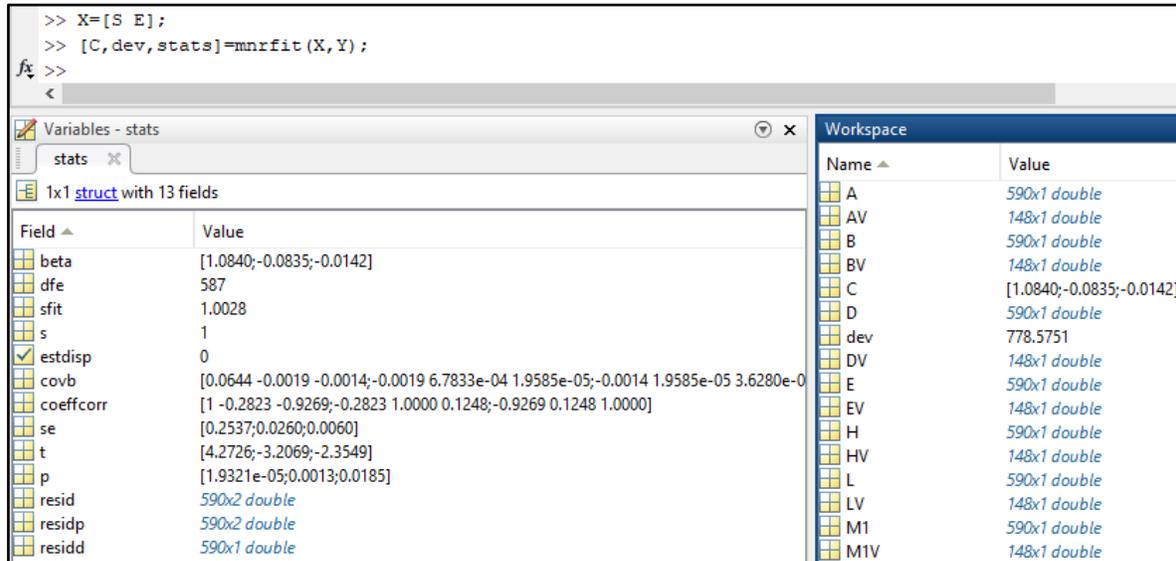


Figura 38.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S y E.

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	5	44
	Negativos	5	94

Tabla 45.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S y E.

Exactitud (Accuracy)	67%
Tasa de error (Misclassification Rate)	33%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	10%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	95%
Precisión	50%
Valor de predicción negativo VPN	68%

Tabla 46.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S y E.

4.1.2.8 Modelo Regresión Logística binaria con las variables S y MB

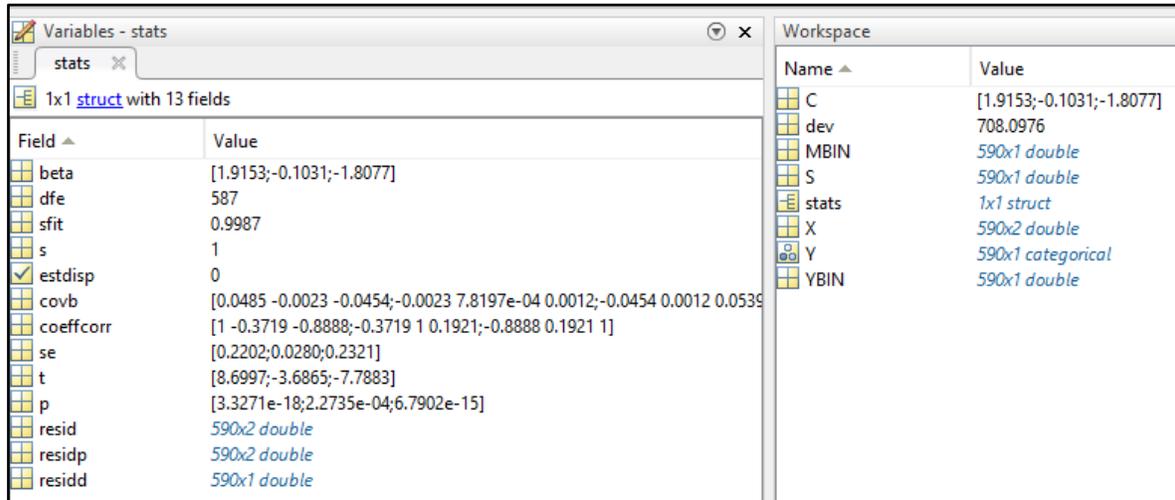


Figura 39.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S y MB

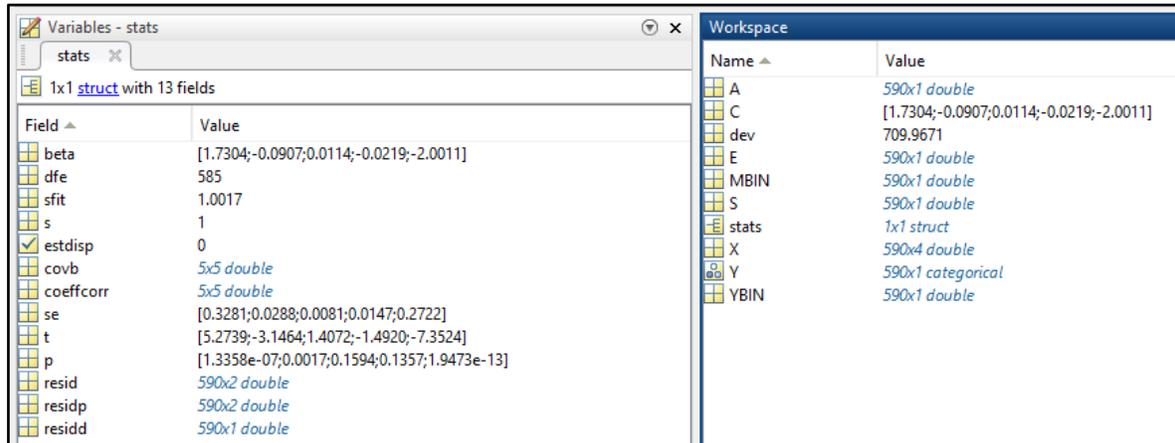
		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	11	38
	Negativos	18	81

Tabla 47.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S y MB

Exactitud (Accuracy)	62%
Tasa de error (Misclassification Rate)	38%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	38%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	82%
Precisión	38%
Valor de predicción negativo VPN	68%

Tabla 48.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S y MB

4.1.2.9 Modelo Regresión Logística binaria con las variables S, E, A y MB



Field	Value
beta	[1.7304;-0.0907;0.0114;-0.0219;-2.0011]
dfe	585
sfit	1.0017
s	1
estdisp	0
covb	5x5 double
coeffcorr	5x5 double
se	[0.3281;0.0288;0.0081;0.0147;0.2722]
t	[5.2739;-3.1464;1.4072;-1.4920;-7.3524]
p	[1.3358e-07;0.0017;0.1594;0.1357;1.9473e-13]
resid	590x2 double
residp	590x2 double
residd	590x1 double

Name	Value
A	590x1 double
C	[1.7304;-0.0907;0.0114;-0.0219;-2.0011]
dev	709.9671
E	590x1 double
MBIN	590x1 double
S	590x1 double
stats	1x1 struct
X	590x4 double
Y	590x1 categorical
YBIN	590x1 double

Figura 40.- Pantalla MATLAB, MRLB con las variables S, E, A y MB

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	16	33
	Negativos	21	78

Tabla 49.- Matriz de Confusión, MRLB con las variables S, E, A y MB

Exactitud (Accuracy)	64%
Tasa de error (Misclassification Rate)	36%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity, true positive rate)	33%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	79%
Precisión	43%
Valor de predicción negativo VPN	70%

Tabla 50.- Medidas de Ajuste, MRLB con las variables S, E, A y MB

4.1.2.10 Modelo Regresión Logística Multinomial con todas las variables (MB=M binario)

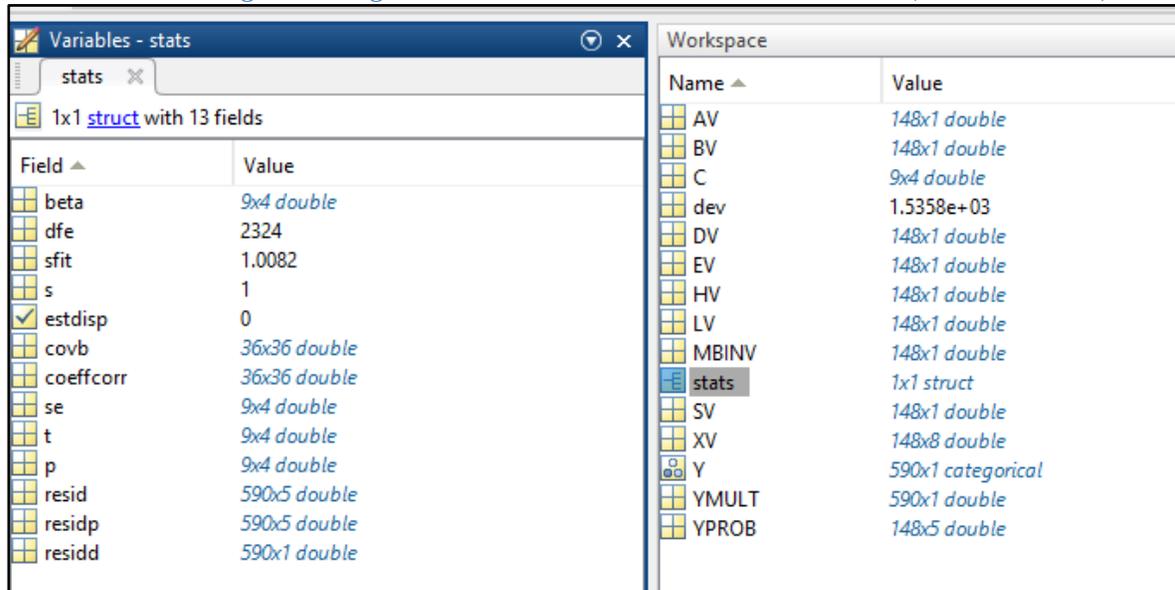


Figura 41.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (MB=M binario)

Variables - stats.beta					Variables - stats.se					Variables - stats.p				
stats.beta					stats.se					stats.p				
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
1	0.3998	-1.2342	-3.6825	-1.7673	1	0.5236	0.7953	1.2920	0.7007	1	0.4452	0.1207	0.0044	0.0117
2	0.2776	0.8814	0.9461	0.6993	2	0.5596	0.7839	1.1234	0.6760	2	0.6198	0.2609	0.3997	0.3009
3	0.0025	0.0055	0.0014	0.0089	3	0.0040	0.0061	0.0089	0.0051	3	0.5271	0.3646	0.8736	0.0834
4	0.0832	0.0643	0.0908	0.1237	4	0.0433	0.0597	0.0761	0.0478	4	0.0548	0.2813	0.2327	0.0097
5	0.1430	0.0464	0.2103	0.2274	5	0.1398	0.2164	0.2943	0.1760	5	0.3064	0.8304	0.4749	0.1964
6	-0.0120	-0.0147	0.0141	-0.0012	6	0.0086	0.0126	0.0209	0.0111	6	0.1617	0.2407	0.5012	0.9142
7	0.2978	0.2732	-0.3407	-0.1449	7	0.2193	0.3377	0.5136	0.2872	7	0.1745	0.4184	0.5072	0.6140
8	-0.0221	-0.0057	-0.0683	-0.0500	8	0.0181	0.0267	0.0596	0.0277	8	0.2208	0.8298	0.2517	0.0706
9	0.5407	0.3166	0.4146	0.0852	9	0.2713	0.4144	0.6197	0.3434	9	0.0462	0.4448	0.5035	0.8041

Figura 42.- Pantalla MATLAB, Coeficientes MRLM con todas las variables (MB=M binario)

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	1	72
	Negativos	5	70

Tabla 51.- Matriz de confusión, MRLM con todas las variables (MB=M binario)

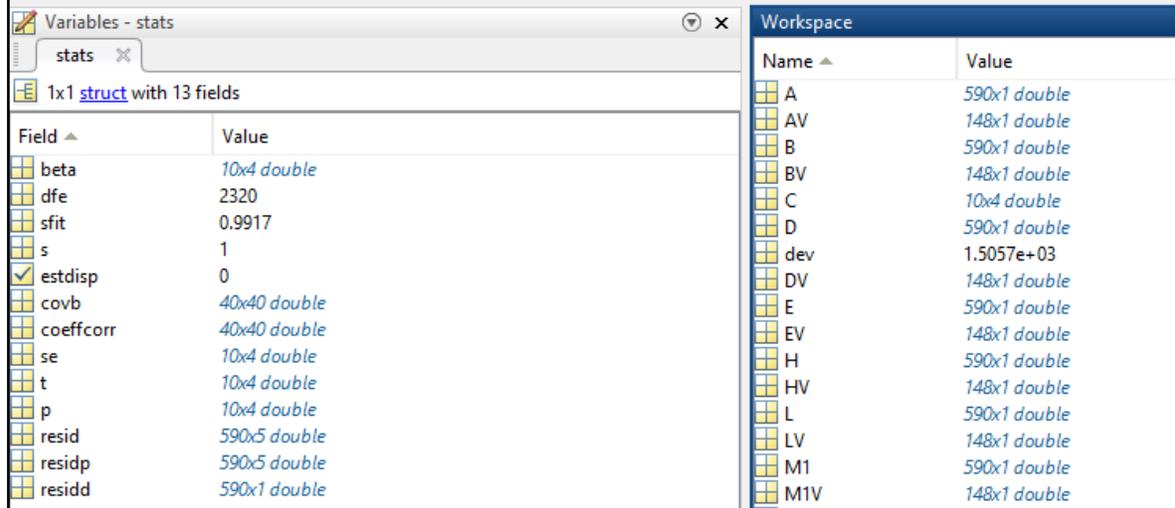
Exactitud (Accuracy)	48%
Tasa de error (Misclassification Rate)	52%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity,	2%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	71%
Precisión	17%
Valor de predicción negativo VPN	49%

Tabla 52.- Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (MB=M binario)

4.1.2.11 Modelo Regresión Logística Multinomial con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

```

>> Y=categorical(YMULTI);
>> X=[D L S H E B A M1 M2];
>> [C,dev,stats]=mnrfit(X,Y);
>> XV=[DV LV SV HV EV BV AV M1V M2V];
>> YPROB=mnrval(C,XV);
>>
    
```



Field	Value
beta	10x4 double
dfe	2320
sfit	0.9917
s	1
estdisp	0
covb	40x40 double
coeffcorr	40x40 double
se	10x4 double
t	10x4 double
p	10x4 double
resid	590x5 double
residp	590x5 double
residd	590x1 double

Name	Value
A	590x1 double
AV	148x1 double
B	590x1 double
BV	148x1 double
C	10x4 double
D	590x1 double
dev	1.5057e+03
DV	148x1 double
E	590x1 double
EV	148x1 double
H	590x1 double
HV	148x1 double
L	590x1 double
LV	148x1 double
M1	590x1 double
M1V	148x1 double

Figura 43.- Pantalla MATLAB, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

Variables - stats.beta					Variables - stats.se					Variables - stats.p				
stats.beta					stats.se					stats.p				
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
1	1.4585	-0.9306	1.0915	-0.8201	1	0.6770	0.9893	1.3579	1.0426	1	0.0312	0.3469	0.4215	0.4315
2	0.4568	1.2290	-3.9112	0.2449	2	0.5152	0.7218	2.1488	0.6722	2	0.3753	0.0886	0.0687	0.7156
3	-0.0018	-0.0096	0.0015	-0.0067	3	0.0040	0.0062	0.0082	0.0052	3	0.6503	0.1243	0.8536	0.1945
4	-0.0047	-0.0083	0.0247	-0.0075	4	0.0325	0.0518	0.0542	0.0402	4	0.8844	0.8722	0.6480	0.8511
5	0.0291	0.0973	-0.3674	-0.0557	5	0.1388	0.2054	0.3367	0.1768	5	0.8342	0.6359	0.2751	0.7528
6	-0.0025	0.0080	0.0029	-0.0037	6	0.0077	0.0123	0.0180	0.0097	6	0.7490	0.5166	0.8706	0.7034
7	-0.2374	-0.7292	-0.2878	-0.1137	7	0.2273	0.3424	0.4656	0.2829	7	0.2963	0.0332	0.5364	0.6877
8	-0.0138	0.0189	-0.0857	0.0197	8	0.0201	0.0273	0.0617	0.0223	8	0.4901	0.4895	0.1648	0.3787
9	-1.3478	-1.5550	-1.3564	0.5771	9	0.4348	0.5849	0.6864	0.8190	9	0.0019	0.0079	0.0482	0.4810
10	0.1595	0.4190	-1.2413	1.7829	10	0.4985	0.6353	0.8980	0.8638	10	0.7490	0.5096	0.1669	0.0390

Figura 44.- Pantalla MATLAB, Coeficientes MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	3	70
	Negativos	3	72

Tabla 53.- Matriz de confusión, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

Exactitud (Accuracy)	51%
Tasa de error (Misclassification Rate)	49%
Sensibilidad , exhaustividad, tasa de verdaderos positivos (recall, sensitivity,	6%
Especificidad , tasa de verdaderos negativos (specificity, true negative rate)	73%
Precisión	50%
Valor de predicción negativo VPN	51%

Tabla 54.- Medidas de Ajuste, MRLM con todas las variables (Mficticia = M1 y M2)

Los resultados obtenidos en los 11 modelos de regresión logística desarrollados con los 738 CCTV realizados a redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP, se resumen a continuación:

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	TRAMOS TOTALES	MUESTRA	DATOS ENTRENAR	DATOS VERIFICAR
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	23554	738	590	148
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)				
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S y E				
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E Y A				
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E, A, M1 Y M2				
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A, M1 Y M2				
7	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y E				
8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y MB				
9	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB				
10	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)				
11	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)				

Tabla 55.- Modelos de Regresión Logística MRL ZONA 1 EAAB ESP

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	VARIABLES									
		D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	X	X	X	X	X	X	X		X	X
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S y E	X		X		X					
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E Y A	X		X		X		X			
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E, A, M1 Y M2	X		X		X		X		X	X
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A, M1 Y M2			X		X		X		X	X
7	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y E			X		X					
8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y MB			X					X		
9	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB			X		X		X	X		
10	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	X	X	X	X	X	X	X	X		
11	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	X	X	X	X	X	X	X		X	X

Tabla 56.- Variables utilizadas en MRL ZONA 1 EAAB ESP

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	COEFICIENTES REGRESIÓN LOGÍSTICA										
		INTERCEPT O	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	1.137	0.528	0.000	-0.092	0.098	0.010	-0.162	-0.014	-1.894		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	0.755	1.788	-0.001	-0.076	0.014	-0.016	-0.071	-0.005		-0.232	-0.184
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S y E	0.574	1.810		-0.074		-0.017					
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E Y A	0.597	1.785		-0.075		-0.017		-0.005			
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E, A, M1 Y M2	0.810	1.766		-0.076		-0.017		-0.005		-0.231	-0.190
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A, M1 Y M2	1.406			-0.087		-0.014		-0.014		-0.300	-0.276
7	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y E	1.084			-0.084		-0.014					
8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y MB	1.915	-0.103	-1.808								
9	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	1.730			-0.091		0.011		-0.022	-2.001		
10	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	MATRIZ										
11	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	MATRIZ										

Tabla 57.- Coeficientes de Regresión MRL ZONA 1 EAAB ESP

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	PRUEBA DE HIPÓTESIS P-VALOR										
		INTERCEPT O	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	M1	M2
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	0.0217	0.3557	0.8971	0.0018	0.4339	0.2198	0.4043	0.3936	0.0000		
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	0.1557	0.0002	0.7539	0.0060	0.9056	0.0132	0.6994	0.7678		0.4586	0.5876
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S y E	0.0535	0.0002		0.0046		0.0067					
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E y A	0.0496	0.0002		0.0045		0.0070		0.7185			
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E, A, M1 Y M2	0.0575	0.0003		0.0040		0.0067		0.7347		0.4590	0.5736
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A, M1 Y M2	0.0003			0.0010		0.0181		0.3357		0.3322	0.4083
7	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y E	0.0000			0.0013		0.0185					
8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y MB	0.0000			0.0002					0.0000		
9	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	0.0000			0.0017		0.1594		0.1357	0.0000		
10	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	MATRIZ										
11	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	MATRIZ										

Tabla 58.- Prueba de hipótesis p-valor MRL ZONA 1 EAAB ESP

No.	MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO	MATRIZ DE CONFUSIÓN									
		VN	FN	VP	FP	Exactitud	Tasa de error	Sensibilidad	Especificidad	Precisión	VPN
1	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)	69	36	13	30	55%	45%	27%	70%	30%	66%
2	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)	92	43	6	7	66%	34%	12%	93%	46%	68%
3	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S y E	91	44	5	8	65%	35%	10%	92%	38%	67%
4	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E y A	91	44	5	8	65%	35%	10%	92%	38%	67%
5	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON D, S, E, A, M1 Y M2	91	44	5	8	65%	35%	10%	92%	38%	67%
6	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A, M1 Y M2	94	43	6	5	68%	32%	12%	95%	55%	69%
7	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y E	94	44	5	5	67%	33%	10%	95%	50%	68%
8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S y MB	91	38	11	18	62%	38%	38%	82%	38%	68%
9	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA CON S, E, A y MB	78	33	16	21	64%	36%	33%	79%	43%	70%
10	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (MB=M BINARIO)										
11	REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL CON TODAS LAS VARIABLES (M FICTICIA = M1 y M2)										

Tabla 59.- Medida de Ajuste Matriz de Confusión MRL ZONA 1 EAAB ESP

4.1.3 Predicción del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB

Con los modelos que mejores resultados tuvieron de la medida de ajuste aplicada, producto de la Matriz de confusión, se aplicaron a las tuberías existentes en la Zona 1, que carecen de inspección, esta población corresponde a 23.554 tramos, los modelos escogidos y los resultados obtenidos son los siguientes:

4.1.3.1 Predicción utilizando Modelo Regresión Logística Binaria con las variables Pendiente S, Edad E, Avisos de Mantenimiento A y Material como variable Ficticia M1 y M2.

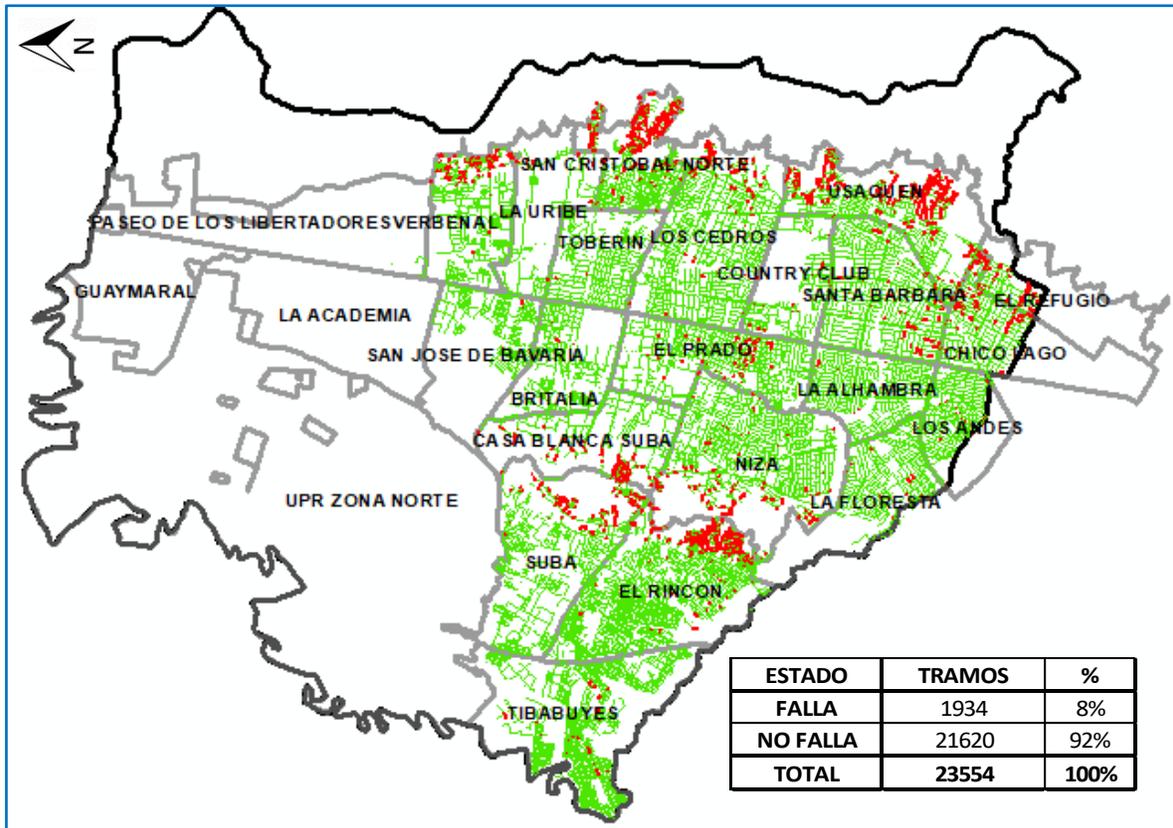


Figura 45.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de S, E, A, M1 y M2.

4.1.3.2 Predicción utilizando el Modelo Regresión Logística Binaria con las variables Diámetro D, Pendiente S, Edad E y Avisos de Mantenimiento A.

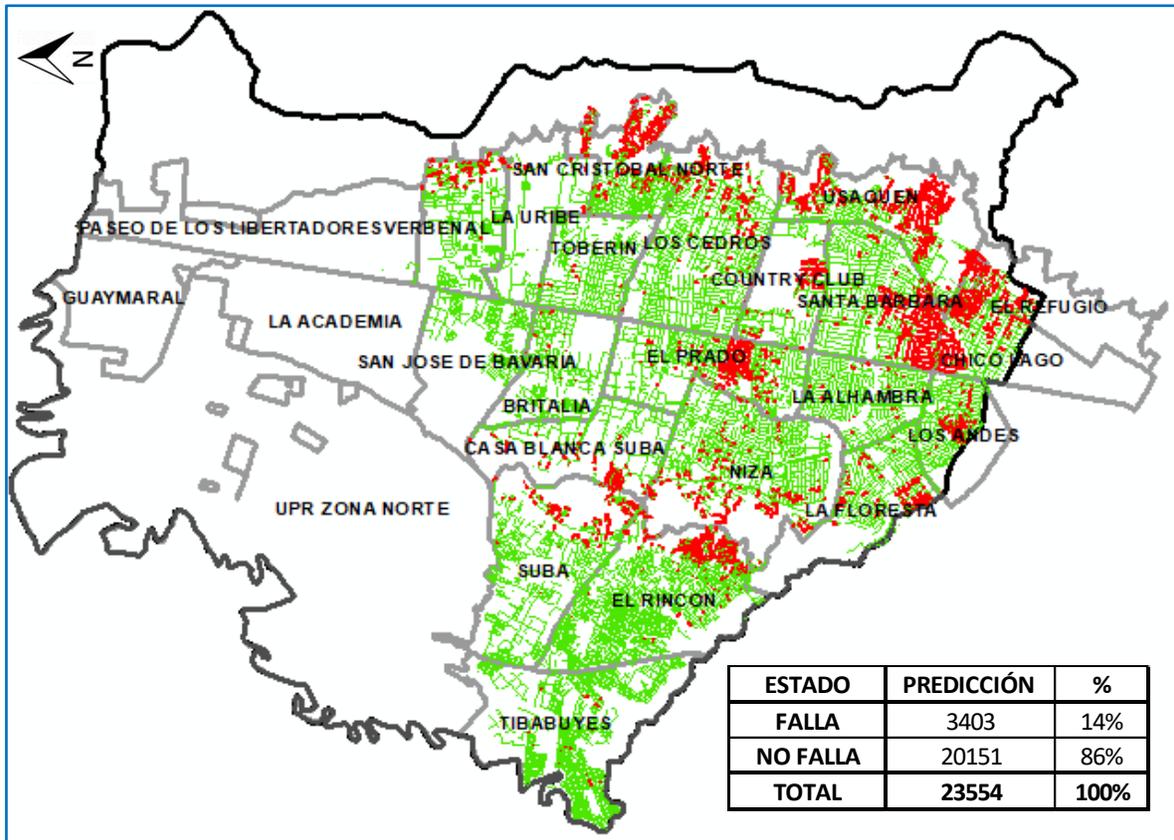


Figura 46.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de D, S, E y A.

4.1.3.3 Predicción utilizando el Modelo Regresión Logística Binaria con las variables Diámetro D, Pendiente S y Edad E.

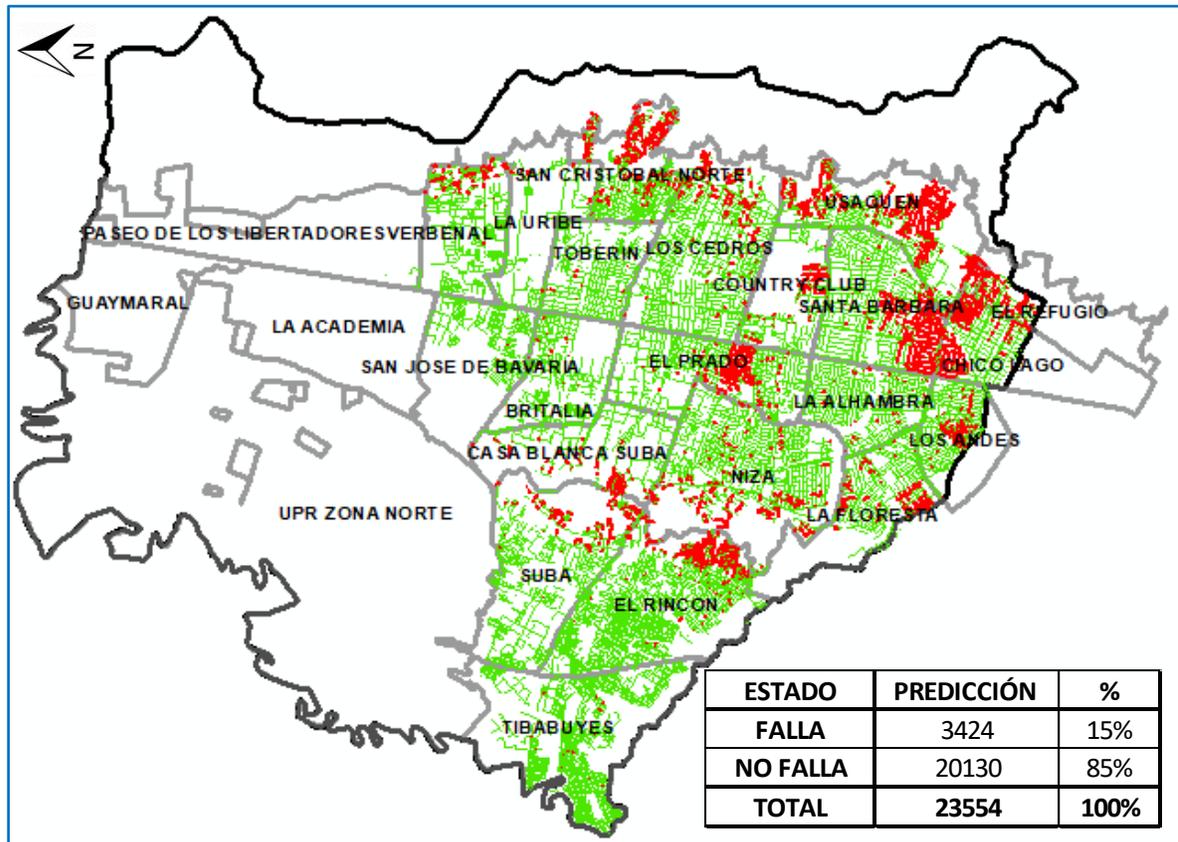


Figura 47.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con variables de D, S y E.

4.1.3.4 *Predicción utilizando el Modelo Regresión Logística Binaria con todas las variables.*

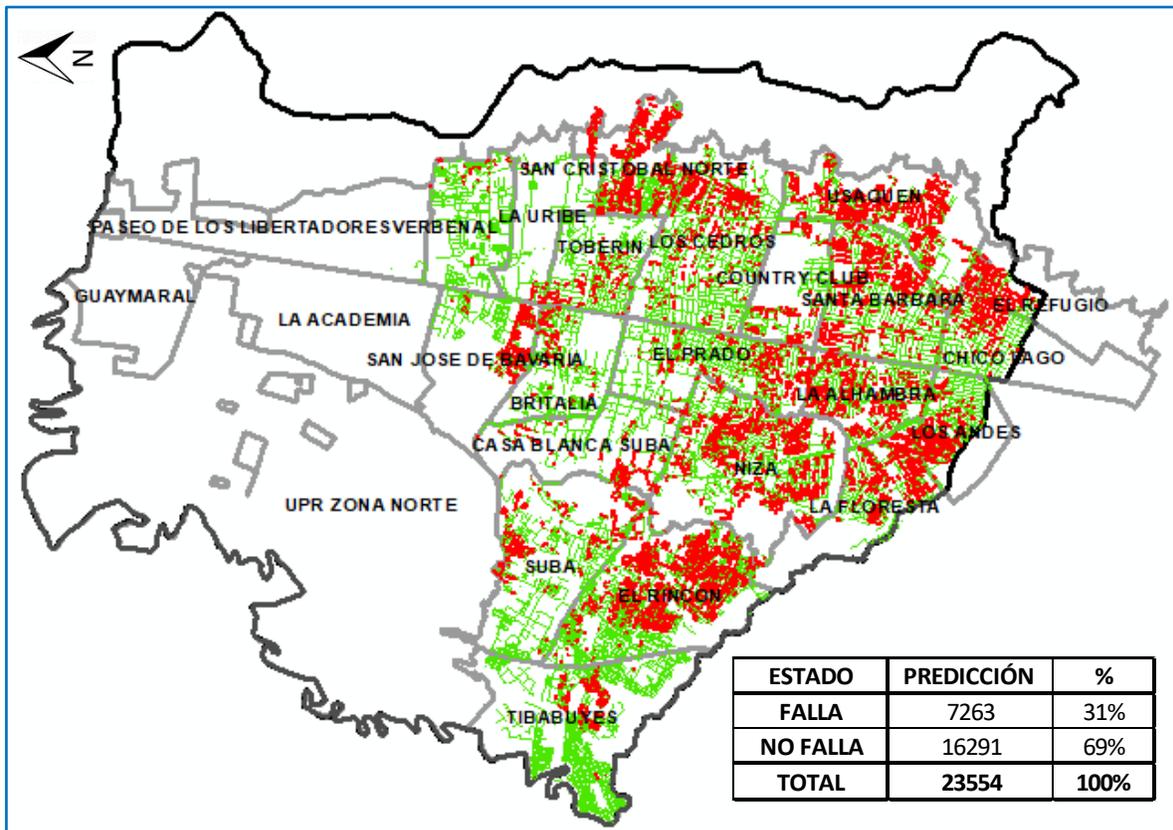


Figura 48.- Mapa Predicción Zona 1 EAAB, según MRLB con todas las variables.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Unidad de Planeamiento Zonal UPZ Los Cedros

De los seis modelos de regresión logística desarrollados con las inspecciones disponibles, realizadas con CCTV a 408 tuberías locales de alcantarillado sanitario en la UPZ Los Cedros de la Zona 1 de la EAAB ESP, los dos primeros modelos tienen en cuenta todas las variables independientes o predictoras compiladas, estas son ocho variables “X”, el diámetro, la longitud, la pendiente, la profundidad, la edad, la subsidencia, los avisos de mantenimiento al alcantarillado y el material, la variación entre el modelo 1 y 2, obedece a la forma en que se trató esta última variable, en el modelo 1 se abordó de manera binaria, como se muestra en la tabla 53, y en el modelo 2 se abordó como variable ficticia (dummy), como se muestra en la tabla 54.

MATERIAL	M BINARIO = MB
GRES	1
CONCRETO	0
PVC	0

Tabla 60.- Material como variable Binaria

MATERIAL	M1	M2
GRES	1	0
CONCRETO	0	1
PVC	0	0

Tabla 61.- Material como variable Ficticia

El modelo número 3, se desarrolla teniendo en cuenta las 3 variables que resultan significativas de la prueba de hipótesis p-valor del modelo número 1, estas son, la Pendiente, los Avisos de Mantenimiento y el Material como variable binaria, según tabla 53.

El modelo número 4, se desarrolla teniendo en cuenta las mismas variables del modelo número tres, pero adicionando la variable predictora “Edad”.

Los modelos número 5 y 6, son desarrollados como modelos de regresión logística Multinomial, utilizando las 8 variables predictoras disponibles, la diferencia radica nuevamente, en la forma de tratar la variable material, en el modelo 5 se abordó de manera binaria, como se muestra en la tabla 53, y en el modelo 6 se abordó como variable ficticia (dummy), como se muestra en la tabla 54.

La variable Pendiente y Material, se encuentran significativas, conforme a la prueba de hipótesis p - valor, en todos los casos, la variable avisos de mantenimiento en dos de los casos.

El modelo que mejor resultados de la medida de ajuste, conforme a la Matriz de Confusión y las métricas calculadas, es el modelo número 2, es decir el modelo de regresión logística binaria, que tuvo en cuenta todas las variables, donde el material se trató como variable ficticia (dummy), conforme a la tabla número 4.

Sin embargo, si bien el ejercicio metodológico se considera apropiado, las medidas de ajuste, no son porcentajes ideales, en la tabla 29, se muestran los resultados para cada uno de los modelos, el modelo número 2, obtuvo los mejores resultados, que son, la exactitud (porcentaje de la muestra clasificada correctamente) del 70%, la tasa de error (porcentaje de la muestra clasificado incorrectamente) del 30%, la sensibilidad (cuando la clase es positiva, porcentaje que logra clasificar) del 11%, la especificidad (cuando la clase es negativa, porcentaje que logra clasificar) del 98%, la precisión (Cuando predice positivos, porcentaje que clasifica correctamente) del 75% y el valor de predicción negativo VPN (cuando predice negativos, porcentaje que clasifica correctamente) del 69%.

5.2 Zona 1 de la EAAB

De los once modelos de regresión logística desarrollados con las inspecciones disponibles, realizadas con CCTV a 738 tuberías locales de alcantarillado sanitario dentro del área de la Zona 1 de la EAAB ESP, los dos primeros modelos tienen en cuenta todas las variables independientes o predictoras compiladas, estas son ocho variables “X”, el diámetro, la longitud, la pendiente, la profundidad, la edad, la subsidencia, los avisos de mantenimiento al alcantarillado y el material, la variación entre el modelo 1 y 2, obedece a la forma en que se trató esta última variable, en el modelo 1 se abordó de manera binaria, como se muestra en la tabla 53, y en el modelo 2 se abordó como variable ficticia (dummy), como se muestra en la tabla 54.

El modelo número 3, se desarrolla teniendo en cuenta las 3 variables que resultan significativas de la prueba de hipótesis p-valor del modelo número 2, estas son, el Diámetro, la Pendiente y la Edad.

El modelo número 4, se desarrolla teniendo en cuenta las mismas variables del modelo número tres, pero adicionando la variable predictora “Avisos”.

El modelo número 5, se desarrolla teniendo en cuenta las mismas variables del modelo número cuatro, pero adicionando la variable predictora “Material” como variable ficticia, según tabla 54.

El modelo número 6, se desarrolla con las mismas variables que el modelo 5, menos la variable “Diámetro”.

El modelo número 7, se desarrolla únicamente con las variables Pendiente y Edad.

El modelo número 8, se desarrolla únicamente con las variables Pendiente y Material como variable binaria según tabla 53.

El modelo número 9, se desarrolla teniendo en cuenta las variables, Pendiente, Edad, Avisos y Material como variable binaria, según tabla 53.

Los modelos número 10 y 11, son desarrollados como modelos de regresión logística Multinomial, utilizando las 8 variables predictoras disponibles, la diferencia radica nuevamente, en la forma de tratar la variable material, en el modelo 10 se abordó de manera binaria, como se muestra en la tabla 53, y en el modelo 11 se abordó como variable ficticia (dummy), como se muestra en la tabla 54.

De los resultados presentados en el numeral 4.1.2., correspondiente a los modelos desarrollados para la muestra completa de CCTV, es decir las 738 inspecciones, se encuentra con respecto a los modelos desarrollados en el numeral 4.1.1, para solo 408 CCTV de la UPZ Los Cedros, que con la muestra completa, se obtiene como variable significativa, adicionalmente la “Edad”, es decir, ***se obtiene en términos generales, de los 11 modelos desarrollados para esta muestra, que el Diámetro, La Pendiente, La Edad y el Material, son variables significativas en el proceso de determinación del estado estructural o deterioro de las tuberías locales del alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP.***

5.3 Predicción

Para el ejercicio de Predicción del estado estructural de las redes locales de alcantarillado sanitario, se llevaron a cabo, 4 predicciones, la primera mostrada en el numeral 4.1.3.1, simulada con el modelo desarrollado en el numeral 4.1.2.6., el cual tuvo en cuenta las variables de Pendiente, Edad, Avisos de mantenimiento del alcantarillado de los últimos 10 años y el Material como variable ficticia (dummy); la segunda predicción en el numeral 4.1.3.2, simulada con el modelo desarrollado en el numeral 4.1.2.4, el cual tuvo en cuenta las variables de Diámetro, Pendiente, Edad y los Avisos de Mantenimiento; la tercera predicción mostrada en el numeral 4.1.3.3, simulada con el modelo desarrollado en el numeral 4.1.2.3, el cual tuvo en cuenta las variables de Diámetro, Pendiente y Edad y la cuarta predicción mostrada en el numeral 4.1.3.4., simulada con el modelo desarrollado en el numeral 4.1.2.1., el cual tuvo en cuenta todas las variables predictoras disponibles, estas son, el Diámetro, La Longitud, la Pendiente, La Profundidad, La Edad, Los Avisos de Mantenimiento de los últimos 10 años y el Material.

El mapa mostrado en la Figura 45, muestra la predicción estimada con el modelo desarrollado teniendo en cuenta la Pendiente, La Edad, Los Avisos de Mantenimiento y el Material, los resultados arrojan 1934 tramos en estado de “FALLA” y 21620 en estado de “NO FALLA”, lo que indica que conforme a esta predicción el 8% de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la

EAAB ESP, deben ser intervenidas ya sea a través de procesos constructivos de renovación o rehabilitación.

El mapa mostrado en la Figura 46, muestra la predicción estimada con el modelo desarrollado teniendo en cuenta el Diámetro, Pendiente, Edad y los Avisos de Mantenimiento, los resultados arrojan 3403 tramos en estado de “FALLA” y 20151 en estado de “NO FALLA”, lo que indica que conforme a esta predicción el 14% de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP, deben ser intervenidas ya sea a través de procesos constructivos de renovación o rehabilitación.

El mapa mostrado en la Figura 47, muestra la predicción estimada con el modelo desarrollado teniendo en cuenta el Diámetro, Pendiente y Edad, los resultados arrojan 3424 tramos en estado de “FALLA” y 20130 en estado de “NO FALLA”, lo que indica que conforme a esta predicción el 15% de las redes locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP, deben ser intervenidas ya sea a través de procesos constructivos de renovación o rehabilitación y que el incluir los avisos de mantenimiento como en el modelo mostrado en el mapa de la Figura 46, no representa diferencias importantes en la predicción, por lo que se confirma la prueba de hipótesis p-valor de probabilidad, en la que resultó significativa únicamente las variables predictoras DIÁMETRO, PENDIENTE Y EDAD.

El mapa mostrado en la Figura 48, muestra la predicción estimada con el modelo desarrollado teniendo en cuenta todas las variables, es decir, Diámetro, Pendiente, Longitud, Profundidad, Edad, Avisos de Mantenimiento, Subsistencia y Material. Este modelo, es el que mayor cantidad de tramos en estado de falla arroja, 7263 tubos, que representan el 31% de las tuberías locales de alcantarillado sanitario de la Zona 1 de la EAAB EPS.

De los mapas mostrados en las Figuras 45, 46, 47 y 48, se observa que todas las Predicciones, coinciden en estimar, un estado de “FALLA” en las tuberías con características asociadas a DIÁMETROS MENORES, PENDIENTES ALTAS Y MAYOR EDAD.

Todos los modelos predictivos simulados, también coinciden en identificar **los Barrios de Chicó Norte Sector II, El Chicó, Santa Bibiana, San Patricio, Santa Ana, Usaquén, Ginebra, San Gabriel Norte, Bosque de Pinos, Santa Cecilia, Buenavista, Horizontes Norte, Cedritos, Prado Veraniego, Río Negro, Julio Flórez, Ciudad Hunza, Villa Alcázar, Los Naranjos, Suba Urbano, Casa Blanca Suba I**, como 21 de los 209 barrios dentro del área de prestación de la Zona 1 de la EAAB ESP, que se encuentran en estado estructural crítico, es decir predicción $Y=1$, estado estructural en “FALLA”.

6 CONCLUSIONES

- Siendo la Regresión Logística un modelo estadístico, se debe tener especial precaución en comprender, que las predicciones y los resultados obtenidos, obedecen a una razón de probabilidad, una probabilidad de ocurrencia de un suceso, con base en los valores de las variables predictoras, es decir el modelo no es determinístico, sino que conduce a establecer cuál es la probabilidad más alta, de que el tramo se encuentre o no, en estado estructural de falla, probabilidad dada para cada uno de los tubos, de los que se compone el sistema de alcantarillado, que para el caso de estudio corresponde al alcantarillado local sanitario de la Zona 1 de la EAAB ESP.
- Las probabilidades obtenidas con el modelo de regresión logística pueden asumirse como una tasa de prevalencia, la cual se encuentra afectada por las variables predictoras tenidas en cuenta en el modelo desarrollado.
- Otras variables importantes no tenidas en cuenta en este estudio, están asociadas a valores del nivel freático, al tipo de cimentación y a los procesos constructivos.
- Las Predicciones realizadas, coinciden en estimar, un estado de “falla” en las tuberías con características asociadas a Diámetros menores, Pendientes altas y Edades mayores.
- Si bien, el objetivo general de esta investigación era estimar el estado estructural, se considera que con las predicciones obtenidas no es posible afirmar con un grado de incertidumbre aceptable que los estados estructurales estimados estén acordes a la realidad y se pueda con estos, emprender procesos de contratación para la renovación y/o rehabilitación del alcantarillado sanitario de la Zona 1, sino que, los resultados pueden ser útiles, en una etapa de prefactibilidad, como un insumo o una fuente de información, que permita estructurar programas de priorización de inspecciones y de esta manera poder tomar la decisión de acometer Proyectos de Inversión para la renovación o rehabilitación de las redes locales del alcantarillado.
- La predicción obtenida del estado estructural actual de las redes locales de alcantarillado sanitario de la zona 1, arrojó medidas de ajuste muy pobres, por tanto se debe continuar con la recopilación y procesamiento de información, que permita ampliar la muestra en estudio, así como aplicar metodologías con fundamento en inteligencia artificial y de esta manera obtener resultados con menor grado de incertidumbre y mayor sensibilidad, no obstante, el producto obtenido, es útil para la gestión proactiva de la Zona 1 de la EAAB ESP, toda vez que actualmente, no se cuenta con ningún instrumento técnico, que soporte la priorización de las inspecciones, sino que éstas se basan en una gestión reactiva del área de mantenimiento del alcantarillado, por tanto es un buen comienzo que aporta a los esfuerzos e iniciativas que

la Empresa realiza en este momento por implementar y retomar procesos de Gestión Integral de los Alcantarillados.

- Muchos de los avisos de mantenimiento, se encuentran asociados al mantenimiento de las acometidas domiciliarias, que, durante el proceso de atención, se asocian a la dirección del predio; y posteriormente en este estudio fueron asociadas al tramo ubicado en frente de la nomenclatura, por lo que podría entenderse, por qué la variable Avisos, no resultó significativa en todos los casos.
- En ninguno de los modelos desarrollados, se encontró correlación entre los valores de subsidencia del suelo y el estado estructural de las tuberías.

7 RECOMENDACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

- Futuras investigaciones, deben estar encaminadas en aplicar metodologías que implementen modelos de deterioro con base en algoritmos de inteligencia artificial o la combinación de éstos, que permitan crear programas y mecanismos, que se acerquen de una manera más confiable, al comportamiento complejo de las variables influyentes.
- La priorización de programas de inspección y posterior toma de decisiones para acometer procesos de contratación de proyectos de inversión, debe ir acompañado del análisis de otros factores, como los hidráulicos, operacionales, ambientales, de resiliencia, geotécnicos, de calidad de agua, entre otros, de tal manera que permita realizar una evaluación integral al problema.
- Para obtener mejores resultados de medidas de ajuste a los modelos, es importante la recopilación de una mayor cantidad de datos, específicamente de un mayor número de CCTV, de tal manera que se reduzca la incertidumbre, y se tenga una muestra más robusta para el desarrollo del modelo, así como de la implementación de metodologías alternas, principalmente las asociadas a algoritmos de inteligencia artificial.
- La EAAB ESP, debe propender por la armonización entre la norma técnica de servicio para la inspección de redes de alcantarillado, NS-58, versión anterior y la vigente, toda vez que existe en la empresa una información valiosa de inspecciones realizadas con la norma anterior, que procesada y analizada junto con las nuevas inspecciones, puede soportar programas prospectivos para la priorización de inversiones, abordando el problema del deterioro del sistema de alcantarillado, desde un enfoque Proactivo.
- La EAAB ESP, debe explorar nuevas herramientas y tecnologías, que permitan la intervención preventiva e inmediata de las tuberías, a través de las áreas de mantenimiento del alcantarillado, ya sea a partir de recursos internos o externos, de tal manera que se intervenga y retrasen los procesos de deterioro de las tuberías, permitiendo prolongar su vida útil y con esto la asignación de presupuestos, tanto para la renovación, como para mitigar los daños que se ocasionan a la infraestructura colindante, cuando estos alcantarillados fallan espontáneamente.
- La infraestructura relacionada con las acometidas domiciliarias, denominadas también laterales, es decir las tuberías que transportan la descarga de aguas residuales de los predios, desde la caja de inspección privada hasta las redes de alcantarillado públicas, representan un gran número de avisos de mantenimiento, por lo que demandan una cantidad de recursos importantes para su atención, por tanto, planear e implementar programas para su mantenimiento preventivo, podría reducir el número de actividades correctivas que se



realizan para atender este tipo de eventos; estableciendo en primera medida la causa, que puede estar asociada al proceso constructivo de estas redes, por tanto una revisión de los procesos en los cuales se construyen estas tuberías, podría contribuir en la reducción de recursos que se destinan para el mantenimiento correctivo de estas tuberías.

- Futuras investigaciones, pueden desarrollar modelos, en el área de cobertura de la zona 3, donde los valores de subsidencia son importantes y podría establecerse alguna correlación con el estado estructural de la infraestructura subterránea, como es el caso del alcantarillado.

8 REFERENCIAS

- Ainul Akmar Mokhtar, Nooratikah Saari and Mokhtar Che Ismail (2015). Assessment of Insulated Piping System Inspection Using Logistic Regression. *Engineering asset management – Systems* 265-277.
- Alaa Hawari, Mazen Alamin, Firas Alkadour, Mohamed Elmasry, Tarek Zayed. (2018) Automated defect detection tool for closed circuit television (CCTV) Inspected Sewer Pipelines.
- Alain T. Lubini and Mussandji Fuamba, (2011), Modeling of the deterioration timeline of sewer systems. *Can. J. Civ. Eng.* 38: 1381-1390.
- Ana and W.Bauwens (2010) Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: the state-of-the-art in statistical methods. *Urban Water Journal*, Vol.7, No.4, February 2010, 303-312.
- Ariaratnam, Ashraf El Assaly, Associate Members, ASCE, and Yuqing Yang (2001). Assessment of Infrastructure inspection needs using logistic models. *Journal of infrastructure systems.* 2001.7; 160-165.
- Baris Salman and Ossama Salem, (2012) Modeling failure of wastewater collection lines using various section-level regression models. *Journal of infrastructure systems*, 2012.18:146-154.
- Baur, R., Zielichowski-Haber, W., and Kropp, I., (2004). Statistical analysis of inspection data for the asset management of sewer networks. In: *Proceedings 19th EJSW on Process Data and Integrated Urban Water Modeling*, Lyon, France.
- Casado Fernandez Ma, *Manual Básico de Matlab*. Servicios Informáticos UCM.
- Castillo Hernández M, (2006) *Toma de decisiones en las empresas*, Universidad de Los Andes.
- Christensen, Ronald, (1990) *Log-Linear Models and Logistic Regression*. Second Edition
- David Ayala-Cabrera, Manuel Herrera, Joaquin Izquierdo, Rafael Perez - Garcia. (2011) Location of buried plastic pipes using multi-agent support based on GPR images. *Journal of Applied Geophysics* 75 679-686.
- Díaz Monroy L., Morales Rivera M., (2009) *Análisis Estadístico de datos categóricos*, Universidad Nacional de Colombia.

- Escallón J., Saldarriaga J. (2005) Determinación del Estado de redes de alcantarillado teniendo en cuenta inspecciones con circuito cerrado de television (CCTV). Tesis Pregrado 2005.
- Fenner, R.A., (2000). Approaches to sewer maintenance. *Urban Water*, 2, 343–356.
- FOPAE – UNAL, (2011) Estudio de Modelación geotécnica del fenómeno de subsidencia en la ciudad de bogotá d.c. / informe final mayo 2011 del contrato 415 de 2010.
- Fuchs-Hanush, M.Gunther, M. Moderl and D. Muschalla (2015), Cause and effect oriented sewer degradation evaluation to support Schedule inspection planning. *Water Science & Technology* 72.7
- Golam Kabir, Ngandu Balekelay Celestin Balek and Solomon Tesfamariam, (2018), Sewer Structural Condition Prediction Integratin Bayesian Model Averaging with Logistic Regression. *J. Perform. Constr. Facil*, 2018, 32(3): 04018019.
- Harwood, D.W., St. John, A.D., and Bauer, K.M., (1982). Application of statistical techniques to gas operations. Chicago, IL: Gas Research Institution.
- Hernández N., Obregón N., Torres A, (2015) Identificación de factores de tipo categórico relacionados con la condición estructural de tuberías de alcantarillado de Bogotá a partir de conceptos de entropía de la información. P-ISSN 1900-3102.
- Héctor Matamoros Rodríguez, Héctor Alfonso Rodríguez Díaz. (2017) Rehabilitación de Sistemas de Alcantarillado, Modelo de Gestión.
- Herz, R.K., (1996). Aging processes and rehabilitation needs of drinking water distribution networks. *Journal of Water*, 45, 221–231.
- Janaka Ruwanpura, Samuel T, Ariaratnam and Ashraf Ei-Assaly (2004) Prediction models for sewer infrastructure utilizing rule-based simulation. *Civil Engineering and Enviromental Systems*. Vol. 21, No.3, pp.169-185.
- Kiyeon Kim, Joonyoung Kim, Tae-Young Kwak, Choong-Ki Chung, (2018) Logistic regression model for sinkhole susceptibility due to damaged sewer pipes. *Nat Hazards* 93:765-785.
- Kleiner, Y., Sadiq, R., and Rajani, B., (2006). Modelling the deterioration of buried infrastructure as a fuzzy Markov process. *Journal of Water Supply Research and Technology: Aqua*, 55 (2), 67–80.



- Kulkarni, R.B., (1984). Dynamic decision model for a pavement management system. Transportation Research Record 997. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Liliana López, Nathalie Hernández, and Andrés Torres. (2016) Physical characteristics of pipes as indicators of structural state for decision-making considerations in sewer asset management.
- Mathieu Lepot , Nikola Stanic, Francois H.L.R. Clemens. (2017) A Technology for sewer pipe inspection (Part 2): Experimental assessment of a new laser profiler for sewer defect detection and quantification. Journal Elsevier, Automation in Construction 73 1-11.
- Mehdi Ahmadi, (2014) Influence of available data on sewer inspection program efficiency, Urban Water Journal, Vol. 11, No.8, 641-656.
- Mehdi Ahmadi, Frédéric Cherqui, Jean-Christophe de massiac (2015) Benefits of using basic, imprecise or uncertain data for elaborating sewer inspection programmes, Structure and Infrastructure Engineering. Vol.11, No. 3, 376-388.
- Ming-Der Yang, Yi-Ping Chen, Tung-Ching Su & Yu-Hao Lin. (2016) Sewer pipe defects diagnosis assessment using multivariate analysis on CCTV video imagery. Urban Water Journal, Vol.14, No.5, 475-482.
- Ming-Der Yang, Tung-Ching Su. (2009) Segmenting ideal morphologies of sewer pipe defects on CCTV images for automated diagnosis. ScienceDirect, Expert Systems with applications 36, 3562-3573.
- Mohamed Elmasry, Alaa Hawari, and Tarek Zayed (2017) Defect based deterioration model for sewer pipelines using Bayesian belief networks. Can J.Civ. Eng. 44: 675-690.
- Mohammadrza Malek Mohammadi, (2019) Condition Prediction of Sanitary Sewer Pipes, Pipelines página 117-126
- Mora H., F. Diaz, L. Cardona y S. Lizarazo (2018), Estimación cuantitativa de la subsidencia de Bogotá, informe preliminar, Servicio Geológico Colombiano, Dirección de Geoamenazas, Marzo 2018, 23p.
- Mora-Páez H., F. Diaz-Mila and L. Cardona-Piedrahita, (in review 2019), Mapping Land Subsidence in Bogotá, Colombia, using the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique with TerraSAR-X images, (en proceso de publicación).
- Nicol, Adelheid A. M. y Penny M. Pexman, (2006) Cómo crear tablas Guía Práctica, Editorial el Manual Moderno.

- Nicolas Caradot, Hauke Sonnenber, Ingo Kropp, Alexander Ring, Stephane Denhez, Andreas Hartmann & Pascale Rouault. (2017) The relevance of sewer deterioration modelling to support asset management strategies. Urban Water Journal, Vol.14, No.10, 1007-10015.
- Posada Obando A., (2019), Determinación del estado de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación / rehabilitación teniendo en cuenta Minería de Datos. Asesor: Juan Saldarriaga. Universidad de Los Andes.
- Recuperado de https://www.ecured.cu/Matrices_de_confusi%C3%B3n
- Recuperado de <https://www.dataschool.io/simple-guide-to-confusion-matrix-terminology/>
- Recuperado <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/3definicion.html>
- Ruwanpura, J., Ariaratnam, S., and El-Assaly, A., (2004). Prediction models for sewer infrastructure utilizing rule- based simulation. Journal of Civil Engineering and Environmental Systems, 21 (3), 169–185.
- Serna R. Mario A. (2012) Estado del arte en nuevas tecnologías de inspección y limpieza de sistemas de alcantarillado y su efecto en el diseño y normatividad de pozos de inspección.
- Tran, D.H., (2007). Investigations of deterioration models for stormwater pipelines. Doctoral Dissertation. School of Architectural, Civil and Mechanical Engineering, Faculty of Health, Engineering and Science, Victoria University.
- Tuija Laakso, Teemu Kokkonen, Ilkka Mellin and Riku Vahala (2018) Sewer Condition prediction and analysis of explanatory factors, Water 2018, 10, 1239; doi:10.3390/w10091239, 1-17.
- Tu, J.V., (1996). Advantages and disadvantages of using artificial neural networks versus logistic regression for predicting medical outcomes. Journal of Clinical Epidemiology, 49 (11), 1225–1231.
- Xin Li, Wuyi Yu, Xiao Lin, and S. S. Iyengar, (2012). On optimizing Autonomous pipeline inspection. Bee Transactions on Robotics, Vol 28, no.1.

9 ANEXOS

9.1 Matriz de variables para regresión logística

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
1	0.300	34.20	0.150	0.500	11	-1.937	8	0	0
2	0.200	27.07	0.220	0.670	16	-1.900	1	1	1
3	0.200	38.84	0.930	1.040	40	-1.275	0	1	1
4	0.200	17.82	0.790	0.510	16	-1.860	14	1	1
5	0.200	36.86	3.070	1.430	24	-0.994	4	0	0
6	0.300	91.09	0.430	1.810	40	-1.706	6	1	0
7	0.250	60.73	0.230	1.810	16	-1.862	3	0	0
8	0.250	20.07	0.450	1.760	33	-1.010	0	1	1
9	0.250	26.53	13.150	1.880	27	0.208	2	1	1
10	0.250	14.01	0.210	0.680	4	-1.964	0	0	0
11	0.300	52.42	0.320	2.740	33	-1.009	0	1	1
12	0.200	5.71	2.398	1.619	39	-0.963	0	1	1
13	0.200	72.24	2.450	1.755	47	-0.824	0	1	1
14	0.200	54.86	0.521	1.440	39	-0.769	1	1	0
15	0.200	16.13	5.632	2.033	47	-0.870	1	1	0
16	0.200	115.92	2.718	1.585	47	-0.824	0	1	1
17	0.200	49.09	1.038	1.540	39	-0.680	0	1	0
18	0.200	87.38	0.755	1.805	39	-0.973	0	1	1
19	0.200	123.59	0.774	1.745	39	-0.848	2	1	0
20	0.250	4.06	25.129	2.401	47	-0.870	0	0	0
21	0.200	15.02	5.653	1.440	39	-0.347	0	1	0
22	0.200	26.41	0.303	1.460	20	0.000	3	1	1
23	0.200	84.97	0.387	1.808	47	-0.195	11	1	1
24	0.200	85.46	0.513	1.785	47	-0.193	24	1	1
25	0.450	9.23	4.012	1.895	40	0.000	0	1	0
26	0.200	57.63	0.036	1.713	39	-0.585	0	1	0
27	0.200	99.88	6.547	1.646	39	-0.525	1	1	0
28	0.200	95.02	0.496	2.755	40	0.000	3	1	0
29	0.200	9.88	5.314	1.033	60	0.381	0	1	1
30	0.200	104.43	4.820	1.530	60	0.404	4	1	0
31	0.200	72.30	2.307	1.900	47	0.205	0	1	0
32	0.200	18.68	1.272	1.499	7	0.000	0	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
33	0.200	48.82	1.475	1.540	39	-0.686	0	1	1
34	0.200	98.13	1.528	1.490	47	-0.844	0	1	1
35	0.200	74.68	0.408	1.415	39	-0.769	1	1	1
36	0.200	5.45	0.376	1.645	47	-0.765	1	1	0
37	0.200	5.75	6.981	2.252	47	-0.686	0	1	0
38	0.200	79.96	1.076	1.700	3	-0.997	0	1	0
39	0.250	51.23	0.395	1.751	39	-1.030	2	1	1
40	0.500	18.02	0.290	1.282	39	-1.102	0	0	0
41	0.200	55.77	1.639	1.597	39	-0.347	0	1	1
42	0.200	69.04	0.971	1.940	47	-0.531	10	0	0
43	0.200	12.76	0.596	1.683	20	0.183	0	1	0
44	0.300	65.94	0.273	3.605	27	-1.053	0	1	0
45	0.300	69.31	0.366	2.430	39	-1.034	3	1	0
46	0.200	78.30	0.643	2.880	47	-0.659	4	1	1
47	0.200	95.00	5.222	2.020	65	0.312	0	1	1
48	0.200	95.11	2.725	2.125	65	0.317	0	1	0
49	0.500	7.09	0.843	2.185	19	-2.263	1	0	0
50	0.250	87.14	0.242	1.897	39	-1.030	0	1	0
51	0.225	41.55	1.060	1.680	65	0.287	1	1	0
52	0.300	87.23	0.095	3.065	33	-1.250	1	1	1
53	0.200	85.87	0.515	2.160	47	-0.688	3	0	1
54	0.300	25.73	14.821	0.720	27	-0.406	5	1	1
55	0.300	20.64	8.597	1.037	27	-0.598	1	1	0
56	0.300	4.03	0.513	2.660	33	-1.108	0	1	1
57	0.450	81.48	0.027	2.804	33	-1.232	0	1	1
58	0.400	40.29	0.203	2.935	33	-1.111	0	1	0
59	0.250	59.71	0.131	1.107	39	-0.829	0	0	0
60	0.300	95.03	0.000	0.500	27	-2.480	42	0	0
61	0.200	59.99	3.030	1.440	39	-0.478	0	1	1
62	0.200	34.40	2.330	1.880	24	-0.705	0	0	0
63	0.250	30.95	0.900	2.780	40	-0.499	4	1	1
64	0.200	50.00	2.900	1.150	39	-0.611	1	1	1
65	0.300	57.68	0.550	2.630	40	-0.573	0	1	0
66	0.500	67.23	4.000	3.740	39	-0.337	6	0	1
67	0.200	55.89	0.200	1.000	16	-1.846	2	0	0
68	0.300	10.44	0.380	2.660	33	0.000	0	1	1
69	0.200	58.00	0.970	2.090	24	-1.029	5	0	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
70	0.250	79.50	0.240	1.070	11	-2.480	18	0	0
71	0.200	10.46	0.000	0.500	33	0.000	2	0	1
72	0.200	99.96	0.340	1.680	20	-2.480	31	0	0
73	0.200	28.06	23.060	0.500	27	-0.506	2	1	0
74	0.300	39.03	0.720	2.440	40	-0.437	2	1	0
75	0.300	52.58	0.000	0.500	40	-2.480	7	1	0
76	0.250	60.18	0.660	2.900	39	-0.525	9	1	0
77	0.350	44.55	3.970	1.350	24	-0.730	1	0	0
78	0.350	21.19	13.590	2.690	20	-0.313	0	0	1
79	0.200	30.93	0.650	1.050	39	-1.594	0	0	1
80	0.300	41.69	1.130	0.950	24	-0.786	1	0	1
81	0.200	47.11	4.220	2.030	24	-1.029	0	0	1
82	0.300	38.37	0.160	2.700	40	-0.523	1	1	0
83	0.200	49.48	0.490	2.150	33	-0.897	5	1	1
84	0.200	78.19	4.200	1.740	40	-0.461	1	1	0
85	0.300	89.97	0.410	1.480	40	-1.486	2	1	0
86	0.200	59.35	0.830	2.490	33	-0.948	7	1	0
87	0.200	70.37	25.560	0.500	24	-0.595	17	0	1
88	0.200	64.55	0.310	0.980	39	-1.917	9	1	1
89	0.200	39.47	0.960	2.120	33	-0.948	2	1	1
90	0.200	95.55	0.300	1.610	20	-2.480	39	0	0
91	0.200	29.35	0.000	0.500	40	-1.386	21	1	1
92	0.300	63.34	0.000	0.500	39	-0.973	3	1	1
93	0.350	49.99	0.620	1.950	24	-2.480	2	0	1
94	0.200	23.12	0.910	5.990	17	-0.317	2	0	0
95	0.350	22.48	16.860	3.170	20	0.000	1	0	1
96	0.200	26.51	0.000	0.500	33	0.000	16	0	1
97	0.200	28.36	0.630	0.920	16	-1.900	12	1	1
98	0.300	54.06	0.460	2.540	40	-0.633	0	1	0
99	0.250	54.92	0.000	0.500	40	-2.480	24	1	1
100	0.200	58.47	0.000	1.120	11	-2.413	13	0	0
101	0.200	51.97	2.310	0.500	24	-1.352	7	0	0
102	0.250	23.51	0.890	6.380	17	-0.317	0	0	0
103	0.300	65.04	0.370	2.630	40	-0.619	0	1	0
104	0.250	81.11	3.930	2.330	8	-0.479	2	0	0
105	0.450	18.60	7.580	3.060	18	0.000	1	0	1
106	0.200	37.45	2.560	2.170	16	-2.135	3	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
107	0.300	85.00	0.400	1.270	40	-1.486	1	1	0
108	0.400	14.19	10.010	1.540	18	-0.483	0	0	1
109	0.400	64.96	0.620	2.150	24	-2.480	0	0	0
110	0.250	106.99	0.310	2.140	16	-2.021	1	0	0
111	0.200	30.21	0.960	2.520	40	-0.499	13	1	1
112	0.200	59.81	11.390	0.910	24	-0.729	2	0	1
113	0.200	22.71	0.000	0.500	20	-0.313	0	0	1
114	0.300	100.52	0.250	2.110	16	-1.991	2	0	0
115	0.450	11.37	8.000	2.450	18	-0.654	0	0	1
116	0.200	84.72	3.220	1.200	39	-0.573	2	1	1
117	0.250	28.48	0.700	2.860	39	-0.471	18	1	0
118	0.350	23.93	17.970	0.500	20	-0.369	2	0	1
119	0.200	49.12	0.860	2.480	40	-0.445	4	1	1
120	0.500	45.80	4.740	4.140	39	-0.442	6	0	1
121	0.450	9.92	8.570	2.940	18	0.412	0	0	1
122	0.200	12.95	5.480	1.980	40	-0.444	0	1	1
123	0.200	43.55	2.919	1.895	20	-0.295	0	0	0
124	0.200	6.96	3.879	1.255	39	-0.963	0	1	1
125	0.200	28.01	0.763	1.940	47	0.000	0	0	0
126	0.200	77.92	0.103	2.181	47	-0.882	6	0	0
127	0.200	77.57	0.428	1.787	47	-0.959	9	1	1
128	0.200	110.74	2.010	2.274	47	-0.832	4	1	1
129	0.300	19.28	0.541	1.988	39	0.000	0	1	0
130	0.300	57.45	0.215	1.475	39	-1.172	1	0	0
131	0.300	70.16	0.203	1.566	47	-0.942	4	1	0
132	0.300	73.14	0.070	2.062	47	-0.909	0	1	0
133	0.400	52.66	0.510	1.940	24	-2.480	1	0	1
134	0.200	33.62	1.924	3.100	24	0.000	0	0	0
135	0.200	72.94	0.396	1.250	39	-0.966	4	0	0
136	0.200	10.16	0.349	1.927	47	-0.787	0	1	0
137	0.200	95.37	0.100	1.869	47	-0.729	6	1	0
138	0.200	73.67	1.257	1.635	47	-0.844	8	1	1
139	0.200	74.83	0.312	2.638	47	-0.758	0	1	0
140	0.200	96.58	2.422	1.706	47	-0.716	2	1	1
141	0.200	85.98	1.023	1.195	39	-1.092	15	1	0
142	0.200	104.93	2.000	1.695	47	-0.656	2	1	0
143	0.200	106.45	0.195	1.860	39	-0.973	11	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
144	0.200	50.90	2.378	1.710	39	-0.951	28	1	0
145	0.200	84.40	1.958	1.615	47	-0.824	1	1	0
146	0.200	20.89	5.121	2.090	39	-0.951	0	1	0
147	0.200	52.01	3.192	1.440	47	-0.821	1	1	1
148	0.300	80.15	0.260	2.224	47	-0.889	0	1	0
149	0.300	69.19	0.127	2.053	39	-1.071	1	1	1
150	0.300	36.90	0.228	2.622	39	-0.628	0	0	0
151	0.300	5.90	0.577	0.850	20	0.000	0	0	0
152	0.300	56.08	0.231	2.870	47	-0.980	0	1	0
153	0.300	71.22	0.689	1.976	47	-0.851	2	1	0
154	0.300	42.79	2.233	2.540	47	-0.769	9	1	0
155	0.300	65.24	0.174	1.892	47	-0.877	11	1	0
156	0.200	36.05	1.440	1.070	16	-2.135	4	1	1
157	0.200	74.07	1.263	2.493	47	-0.853	0	0	0
158	0.200	17.64	0.172	1.962	47	-0.783	0	0	0
159	0.200	55.01	0.145	2.494	24	0.000	1	0	0
160	0.200	60.88	0.510	1.698	39	-1.086	0	1	1
161	0.200	74.50	0.480	2.218	47	-0.826	0	1	0
162	0.200	74.98	0.489	1.920	47	-1.546	10	1	1
163	0.200	88.89	0.950	2.114	40	-0.835	2	1	0
164	0.200	61.20	0.381	1.245	39	-0.838	0	1	0
165	0.200	55.07	1.108	2.046	47	-0.825	10	1	1
166	0.400	40.91	0.034	1.619	40	-1.143	5	1	0
167	0.400	52.74	0.085	2.023	47	-0.976	0	1	0
168	0.400	39.96	0.066	1.800	40	-0.933	0	1	0
169	0.350	19.16	3.045	0.810	20	-0.272	1	1	0
170	0.400	52.88	0.128	3.865	39	-1.067	3	1	1
171	0.400	57.00	0.078	1.807	47	-0.943	0	1	0
172	0.400	71.05	0.185	3.530	47	-1.078	3	1	1
173	0.400	100.41	0.133	1.930	33	-1.133	16	1	0
174	0.400	28.47	0.429	2.094	47	-1.057	0	1	0
175	0.350	36.85	0.321	1.885	47	-0.864	2	1	1
176	0.400	62.81	0.244	1.730	39	-0.988	0	1	0
177	0.300	75.58	2.406	1.080	20	-0.367	6	1	0
178	0.300	36.72	2.760	2.727	20	-0.383	0	1	0
179	0.300	24.43	2.649	2.823	20	-0.224	0	1	0
180	0.600	56.14	0.055	2.090	47	-1.077	1	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
181	0.200	53.98	0.954	1.640	47	-0.665	19	1	0
182	0.200	46.02	3.430	1.586	47	-0.475	8	1	1
183	0.200	3.64	16.980	2.252	47	0.000	0	1	1
184	0.300	77.33	2.833	2.770	39	-0.760	0	1	0
185	0.300	31.24	0.208	3.576	39	0.000	0	0	0
186	0.200	40.46	0.187	1.420	39	-1.222	3	1	1
187	0.200	49.31	0.716	1.500	47	-0.191	6	1	1
188	0.300	36.18	1.126	2.029	47	0.000	0	1	0
189	0.300	5.30	0.776	3.714	39	0.000	0	1	0
190	0.300	59.89	0.139	1.538	39	-1.146	0	1	0
191	0.200	52.62	0.588	0.865	39	-0.868	4	0	0
192	0.200	45.95	0.417	2.410	47	-1.048	0	1	1
193	0.200	79.87	0.372	1.485	47	-1.544	1	1	1
194	0.200	76.14	0.434	1.763	47	-0.853	0	1	1
195	0.200	93.59	0.395	2.961	47	-0.733	0	1	1
196	0.200	89.92	0.213	1.880	33	-1.026	1	1	1
197	0.200	116.94	2.963	1.991	47	-0.379	2	1	1
198	0.400	58.11	0.469	3.160	47	-1.012	0	1	1
199	0.400	80.11	0.037	1.928	47	-0.980	0	1	0
200	0.400	53.50	0.070	1.740	40	-0.266	1	1	0
201	0.200	20.54	2.965	1.352	47	-0.473	0	1	0
202	0.200	49.86	0.218	2.635	47	-1.048	0	1	1
203	0.200	50.13	2.201	1.298	47	-0.696	4	1	1
204	0.200	54.11	1.974	1.673	47	-0.355	1	1	0
205	0.200	33.21	2.594	1.611	47	-0.622	1	1	0
206	0.200	56.18	1.407	1.957	47	-0.810	4	1	0
207	0.200	79.66	0.210	3.083	47	-0.733	1	1	0
208	0.200	87.48	0.335	2.280	47	-1.591	4	1	0
209	0.400	28.74	0.044	3.860	39	-1.045	0	1	1
210	0.400	56.50	0.203	1.963	39	-1.265	0	1	0
211	0.400	50.44	0.005	1.937	39	0.000	1	1	0
212	0.400	56.62	0.257	3.820	47	0.000	1	1	1
213	0.400	66.22	0.145	1.951	39	-0.309	2	1	0
214	0.400	83.44	0.395	1.720	40	-0.977	6	1	0
215	0.400	83.75	0.051	1.835	33	-1.052	0	1	0
216	0.400	64.61	0.289	1.865	47	-0.940	5	1	0
217	0.400	79.76	0.102	1.945	47	-1.004	5	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
218	0.350	93.63	0.182	3.201	47	-0.759	0	1	0
219	0.200	68.33	0.422	2.162	47	-1.101	5	1	0
220	0.200	51.08	0.564	2.423	47	-0.843	1	1	0
221	0.200	59.14	5.084	2.198	47	-0.675	0	1	1
222	0.200	51.16	3.510	2.038	47	-0.528	1	1	1
223	0.200	35.26	3.954	1.827	47	-0.451	0	1	1
224	0.250	83.17	2.647	2.301	5	-0.637	12	0	0
225	0.200	88.67	1.621	1.773	47	-1.101	17	1	1
226	0.200	49.93	0.222	0.986	33	-1.256	0	1	0
227	0.200	105.37	0.100	1.112	39	-0.609	4	1	0
228	0.300	82.59	0.199	1.328	47	0.000	2	1	1
229	0.300	56.74	0.143	1.979	39	-1.237	0	1	0
230	0.300	10.23	1.516	3.283	39	0.000	0	0	0
231	0.300	106.37	0.000	2.890	33	-1.232	2	1	1
232	0.500	53.12	0.118	4.050	39	-1.141	0	1	0
233	0.300	92.37	0.147	1.920	33	-1.133	14	1	0
234	0.300	57.70	1.337	1.725	20	-0.337	0	0	0
235	0.300	99.87	1.064	2.128	20	-0.300	0	0	0
236	0.200	15.88	2.882	2.730	47	-0.746	0	1	0
237	0.300	39.98	0.256	2.917	39	-0.669	0	0	0
238	0.300	26.81	0.284	2.580	39	-0.628	0	0	0
239	0.250	65.99	0.296	2.156	39	-0.703	3	1	0
240	0.250	30.10	2.243	2.817	39	-0.713	1	1	0
241	0.300	100.03	0.363	2.900	33	-1.186	5	1	1
242	0.600	11.15	0.702	4.986	39	-1.265	0	1	1
243	0.600	51.61	0.147	4.892	39	-1.265	8	1	1
244	0.600	33.17	0.084	4.768	39	-1.165	0	1	1
245	0.250	35.21	0.251	2.070	12	-0.744	0	0	0
246	0.250	87.42	0.074	1.815	47	-0.621	4	1	0
247	0.300	79.96	0.132	1.560	47	-0.543	8	0	0
248	0.250	72.75	0.138	1.741	39	-1.061	0	1	0
249	0.250	64.17	0.026	1.608	20	-0.274	0	1	0
250	0.250	79.88	0.176	2.431	47	-0.895	2	1	0
251	0.300	51.28	0.876	1.190	14	-1.719	3	0	0
252	0.300	53.92	0.726	3.408	39	-0.737	5	0	0
253	0.300	51.83	0.180	2.060	39	-1.146	0	1	0
254	0.250	80.17	0.301	2.300	47	-1.371	4	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
255	0.500	103.81	0.092	2.351	47	-1.057	0	1	1
256	0.300	13.73	0.168	1.715	39	-1.102	0	1	0
257	0.250	58.16	0.215	2.317	39	-0.800	0	1	0
258	0.300	16.05	2.294	3.295	39	0.000	1	0	0
259	0.400	59.72	0.171	3.152	33	-1.111	0	1	1
260	0.400	100.32	0.330	3.417	33	-1.272	0	1	0
261	0.600	22.25	0.124	4.696	39	0.000	1	1	1
262	0.600	67.49	0.137	4.475	39	-1.245	5	1	1
263	0.400	60.14	0.190	3.158	47	0.000	0	1	0
264	0.500	52.28	0.151	3.970	39	-1.057	1	1	0
265	0.600	61.62	0.081	2.090	47	-1.068	1	1	0
266	0.600	51.67	0.159	4.375	39	-1.146	3	1	1
267	0.600	61.75	0.095	4.175	39	-1.141	0	1	1
268	0.600	66.34	0.140	4.610	39	0.000	8	1	1
269	0.450	98.72	0.271	2.013	39	-1.102	0	1	1
270	0.400	55.30	0.166	3.274	47	-0.766	2	1	0
271	0.300	75.41	0.019	2.661	47	-0.740	3	1	0
272	0.300	71.91	0.008	1.509	33	-0.518	6	1	0
273	0.200	75.95	18.117	2.020	24	0.160	10	0	1
274	0.200	95.87	1.044	1.075	39	-1.041	1	0	0
275	0.200	75.00	0.470	2.410	39	-0.906	0	1	1
276	0.200	1.95	23.080	1.730	39	-1.220	0	1	1
277	0.300	51.25	0.156	2.033	39	-0.958	0	1	1
278	0.400	40.53	0.166	1.880	39	-0.903	0	1	1
279	0.500	3.19	5.547	2.110	39	0.000	0	0	0
280	0.600	69.30	0.506	1.945	39	-0.882	8	1	1
281	0.600	75.31	0.138	1.710	39	-0.944	1	1	1
282	0.600	79.74	0.835	1.430	39	-0.955	8	1	1
283	0.600	58.14	0.370	1.940	39	-0.835	0	1	0
284	0.500	133.57	0.001	1.549	39	-0.997	0	0	0
285	0.200	80.16	0.380	1.965	47	-0.700	0	1	0
286	0.300	13.95	0.886	2.076	39	-0.990	1	1	1
287	0.300	69.86	0.694	1.385	39	0.000	0	0	0
288	0.300	33.59	0.022	2.250	39	-0.882	1	1	0
289	0.300	20.76	2.091	2.237	39	-0.956	1	0	0
290	0.300	98.68	0.039	1.943	39	-0.683	2	1	1
291	0.300	10.90	8.121	3.295	39	-1.150	0	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
292	0.300	41.37	0.174	2.234	39	-0.990	0	1	1
293	0.300	83.00	0.101	2.787	39	-1.114	1	1	1
294	0.350	57.29	0.059	2.696	33	-0.779	0	1	1
295	0.350	100.00	0.166	1.580	39	-0.788	17	1	0
296	0.200	4.78	2.364	1.060	40	0.000	0	1	0
297	0.200	60.04	3.169	1.930	39	-0.289	1	1	1
298	0.200	74.90	0.036	2.085	47	-0.552	16	1	0
299	0.200	90.81	4.784	1.415	47	-0.282	7	1	0
300	0.200	10.15	0.196	2.510	40	-0.764	0	1	1
301	0.200	74.79	0.422	2.170	40	-0.790	0	1	1
302	0.200	60.76	0.206	1.855	40	-0.822	0	1	1
303	0.200	23.48	0.877	1.890	40	-0.726	0	1	0
304	0.200	79.17	0.311	1.738	40	-0.709	0	1	1
305	0.200	63.10	0.016	1.617	40	-0.679	0	1	1
306	0.200	73.88	0.567	1.559	40	-0.789	0	1	0
307	0.200	65.99	0.016	1.667	24	-0.294	0	0	0
308	0.200	59.31	1.555	1.885	39	-1.287	6	1	1
309	0.200	3.67	6.763	3.370	39	-1.053	0	0	0
310	0.200	77.42	2.289	1.625	39	-0.359	11	1	0
311	0.200	59.44	5.071	1.857	39	-0.776	5	1	1
312	0.200	80.01	0.681	2.045	39	-0.986	2	1	1
313	0.200	41.56	2.529	1.781	39	-0.351	0	1	1
314	0.200	52.90	1.669	1.910	39	-1.112	10	1	1
315	0.250	27.64	0.156	3.180	39	-0.947	4	1	0
316	0.200	63.70	0.050	1.591	39	-1.066	0	1	0
317	0.200	53.55	4.650	1.770	39	-0.564	6	1	1
318	0.200	12.77	2.372	1.906	39	-0.301	0	1	0
319	0.200	22.58	0.561	1.796	39	-0.371	0	1	0
320	0.200	56.13	0.645	1.832	39	-0.765	0	1	0
321	0.200	64.01	0.559	1.718	39	-0.775	0	1	0
322	0.200	55.01	3.246	1.788	39	-0.552	3	1	1
323	0.300	91.67	0.011	1.781	33	-0.460	0	1	1
324	0.250	39.13	0.081	3.524	5	-0.559	0	0	0
325	0.200	61.46	0.543	1.800	47	-0.997	0	0	1
326	0.200	63.04	0.431	1.425	47	-1.058	5	0	1
327	0.200	110.53	2.518	2.011	47	-0.585	4	1	1
328	0.200	57.51	0.496	1.635	47	-0.765	0	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
329	0.200	26.65	0.087	2.086	3	-0.878	0	0	0
330	0.300	19.65	0.762	1.710	3	-0.878	4	0	0
331	0.300	63.33	2.748	1.470	3	-0.951	15	0	0
332	0.300	79.26	1.338	1.240	3	-0.997	9	1	1
333	0.200	16.16	1.061	2.685	39	-1.051	0	1	1
334	0.600	23.35	1.426	1.824	39	-0.955	0	1	0
335	0.350	51.48	0.383	3.305	33	-0.779	0	1	1
336	0.350	50.97	0.523	3.630	39	-1.053	0	1	1
337	0.600	20.91	0.143	1.845	39	-0.937	1	1	1
338	0.600	71.95	0.656	2.221	47	-0.870	1	1	1
339	0.500	44.95	0.103	1.242	39	-1.035	0	0	0
340	0.450	104.40	2.575	1.755	47	-0.592	0	1	1
341	0.600	68.58	0.228	1.690	39	-1.095	1	1	0
342	0.450	56.44	0.473	1.387	27	-0.761	0	0	0
343	0.600	44.92	0.031	1.698	39	-0.955	0	1	1
344	0.500	36.52	0.142	2.180	39	-1.057	0	0	0
345	0.350	60.73	0.552	2.305	47	-0.774	1	1	0
346	0.350	54.81	0.197	2.305	47	-0.703	0	1	0
347	0.200	84.06	0.737	1.774	47	-0.867	9	1	0
348	0.250	83.08	0.659	1.785	47	-0.883	3	0	0
349	0.200	77.75	0.416	1.389	39	-0.645	0	1	0
350	0.300	51.29	0.447	1.945	39	-0.976	0	1	0
351	0.300	59.94	0.201	1.690	27	-0.862	0	1	1
352	0.300	69.81	1.246	1.640	27	-0.903	1	1	1
353	0.300	98.19	0.649	2.486	39	-0.823	2	0	1
354	0.300	62.04	1.699	1.432	27	-0.809	0	1	1
355	0.350	106.21	0.698	1.005	39	-0.918	14	0	0
356	0.350	33.86	0.186	1.515	39	-0.798	0	1	0
357	0.350	36.76	0.365	1.685	33	-0.696	1	1	1
358	0.350	65.96	0.023	1.625	39	-0.853	10	1	0
359	0.350	46.29	0.175	2.306	33	-0.810	0	1	1
360	0.350	50.38	0.411	2.035	33	-0.720	0	1	1
361	0.350	80.80	0.243	2.075	39	-1.007	2	1	0
362	0.350	88.14	0.560	1.805	39	-1.204	11	1	0
363	0.200	74.28	7.466	1.542	39	-0.399	3	1	1
364	0.200	80.00	0.013	1.790	47	-0.730	6	1	1
365	0.200	61.04	0.142	1.978	47	-0.127	19	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
366	0.400	66.32	0.016	2.814	47	-0.719	10	0	0
367	0.400	10.17	0.022	2.665	40	-0.652	0	1	0
368	0.400	71.44	0.204	2.695	40	-0.725	0	1	0
369	0.400	60.86	0.804	2.956	40	-0.718	0	1	0
370	0.450	45.99	0.388	3.420	47	-0.670	0	0	0
371	0.550	26.05	1.882	3.136	47	-0.675	0	1	0
372	0.450	87.32	0.124	3.090	47	-0.701	0	0	0
373	0.500	50.33	0.063	2.685	47	-0.707	0	0	0
374	0.550	25.71	0.516	2.835	47	-0.707	0	0	0
375	0.200	28.93	0.035	1.978	39	-0.371	4	1	1
376	0.200	56.81	12.870	2.015	39	-0.385	8	0	0
377	0.200	50.98	3.624	1.855	39	-1.287	0	1	1
378	0.200	59.79	1.527	2.181	39	-0.525	2	1	1
379	0.200	59.78	0.390	1.776	39	-1.506	0	1	0
380	0.200	53.40	1.770	1.924	39	-0.755	1	1	0
381	0.200	59.53	1.031	1.822	39	-0.753	6	1	0
382	0.200	59.08	2.305	1.754	39	-0.891	2	1	0
383	0.200	64.14	2.610	1.681	39	-0.930	2	1	0
384	0.200	60.92	0.517	1.695	39	-0.472	2	1	1
385	0.200	63.98	2.255	2.238	39	-0.881	0	1	0
386	0.200	54.87	0.017	1.641	40	0.000	0	1	1
387	0.200	55.13	2.993	1.705	39	-0.571	5	1	1
388	0.200	58.28	3.094	2.057	39	-1.506	0	1	0
389	0.200	61.28	3.668	1.670	39	-0.629	0	1	1
390	0.250	73.04	3.891	1.150	40	-0.191	4	1	1
391	0.200	50.01	19.007	1.435	40	-0.445	0	1	0
392	0.200	79.59	4.441	1.465	47	-0.310	0	1	0
393	0.250	40.78	0.028	1.440	47	-0.670	0	1	1
394	0.250	24.06	0.249	1.415	47	-0.636	0	1	1
395	0.250	55.15	1.686	2.910	47	-0.636	16	1	1
396	0.200	93.66	0.037	2.652	47	-0.755	6	1	1
397	0.550	60.26	1.183	2.387	47	-0.748	0	1	0
398	0.550	16.17	1.036	2.775	47	-0.690	0	0	0
399	0.450	41.09	0.266	3.340	47	-0.646	0	0	0
400	0.200	103.90	0.357	1.652	47	-0.787	4	1	0
401	0.200	64.49	0.180	2.445	47	-0.650	2	1	1
402	0.250	5.88	0.850	1.645	47	0.000	0	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
403	0.200	61.85	0.311	1.953	47	-0.541	16	0	0
404	0.250	71.95	1.038	2.460	47	-0.701	19	1	0
405	0.550	26.81	0.959	2.753	47	0.000	1	1	0
406	0.200	81.25	14.760	1.565	40	-0.442	0	1	1
407	0.200	10.33	0.643	1.865	47	-0.516	3	0	0
408	0.200	75.15	0.861	1.745	47	-0.365	4	1	0
409	0.350	60.85	0.190	2.680	47	-0.700	0	1	0
410	0.350	20.56	2.723	2.165	47	0.000	0	1	0
411	0.350	39.14	2.261	2.153	47	-0.723	0	1	0
412	0.400	59.68	0.228	3.365	47	-0.666	1	1	0
413	0.350	7.31	3.332	2.254	47	0.000	0	1	0
414	0.350	18.25	3.808	2.348	47	-0.723	0	1	0
415	0.200	74.51	0.039	2.611	47	-0.730	8	1	1
416	0.200	31.34	4.521	1.535	47	-0.286	0	1	0
417	0.200	23.01	0.065	1.683	47	-0.550	0	1	0
418	0.350	60.96	0.151	2.900	47	-0.700	1	1	0
419	0.400	69.96	1.623	3.075	47	-0.675	13	0	0
420	0.350	66.21	0.265	2.310	47	-0.778	0	1	0
421	0.350	89.37	0.207	2.585	47	-0.736	1	1	0
422	0.350	46.14	0.022	2.180	47	-0.592	0	1	0
423	0.200	49.42	12.829	0.597	40	-0.445	0	1	1
424	0.200	80.87	10.751	1.365	14	-0.381	0	0	1
425	0.200	93.90	21.891	2.000	40	-0.442	4	1	1
426	0.400	82.60	0.479	3.420	47	-0.898	2	0	0
427	0.200	80.25	0.000	0.500	39	-0.611	7	1	0
428	0.200	23.07	0.065	1.699	39	-0.429	8	1	1
429	0.250	71.94	5.642	2.151	39	-0.333	24	1	1
430	0.350	79.84	1.633	2.241	39	-0.343	6	1	1
431	0.200	86.81	1.728	2.001	39	-0.415	12	1	1
432	0.200	76.11	4.667	1.886	47	-0.359	2	1	0
433	0.450	72.06	0.203	2.087	3	-0.895	6	0	0
434	0.600	18.05	0.622	2.470	3	-0.976	4	0	0
435	0.900	42.20	0.089	1.850	3	-0.788	6	0	0
436	0.900	49.38	3.597	2.065	3	-0.788	2	0	0
437	0.500	69.84	0.620	2.580	3	-0.890	0	0	0
438	0.400	58.42	0.043	3.553	3	-0.701	1	0	0
439	0.250	16.90	0.350	0.500	24	-1.039	0	0	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
440	0.300	37.74	0.000	0.500	24	-1.182	1	0	0
441	0.250	43.11	0.350	0.500	24	-1.324	3	0	0
442	0.200	64.68	0.000	0.880	39	-1.041	4	1	0
443	0.350	44.67	0.000	0.500	24	-1.017	0	0	0
444	0.450	10.39	0.000	0.500	24	0.000	0	0	0
445	0.400	80.17	0.070	3.390	22	-1.242	0	0	0
446	0.350	65.47	0.000	0.500	24	-0.989	0	0	0
447	0.250	86.47	0.000	0.500	24	-1.032	0	0	1
448	0.400	77.30	0.000	0.500	24	-0.965	5	0	1
449	0.350	73.86	1.195	1.195	65	-0.180	4	0	1
450	0.350	49.60	1.352	1.250	65	-0.180	3	0	0
451	0.600	52.61	0.107	2.625	3	-0.825	6	0	0
452	0.200	28.05	0.750	2.260	40	-0.463	40	1	1
453	0.300	112.24	0.000	0.500	24	-1.452	57	0	0
454	0.250	39.34	0.000	0.500	24	-1.213	1	0	0
455	0.250	37.18	0.000	0.500	24	-0.965	0	0	1
456	0.400	71.48	0.000	0.500	24	-1.000	4	0	1
457	0.450	79.79	0.357	0.887	24	-1.964	5	0	0
458	0.450	71.43	0.112	0.939	24	-2.209	4	0	1
459	0.250	72.29	0.000	0.500	24	-1.182	1	0	1
460	0.350	17.63	0.000	0.500	24	-1.113	0	0	0
461	0.300	54.14	0.000	0.500	24	-1.113	0	0	0
462	0.400	63.85	0.030	2.510	22	-1.111	1	0	0
463	0.450	74.48	0.129	3.327	47	-0.725	4	1	0
464	0.250	133.42	0.007	1.812	39	-1.081	2	1	0
465	0.300	75.77	0.176	3.225	47	-0.491	3	1	0
466	0.300	99.14	0.390	1.982	47	-0.887	19	1	0
467	0.300	86.63	0.202	2.934	47	-0.742	0	1	0
468	0.300	14.33	0.255	2.835	47	-0.742	0	1	0
469	0.300	64.97	0.620	2.778	47	-0.703	2	1	1
470	0.300	74.18	0.209	2.730	47	-0.732	1	1	0
471	0.250	60.05	0.371	3.311	47	-0.703	3	1	1
472	0.300	94.81	0.053	1.946	47	-1.123	1	1	0
473	0.250	110.46	0.772	2.188	47	-0.726	2	1	1
474	0.200	52.61	3.106	1.929	39	0.396	0	1	0
475	0.200	128.64	1.207	1.869	39	-0.096	3	1	1
476	0.200	53.52	1.373	1.476	33	-1.167	0	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
477	0.350	47.15	0.127	1.926	47	-0.943	1	1	0
478	0.900	126.94	0.357	1.876	47	-0.749	5	1	1
479	0.300	36.88	14.124	0.940	27	-0.781	0	1	0
480	0.300	28.34	10.318	0.900	27	-0.781	0	1	0
481	0.500	38.76	1.560	2.296	47	-0.783	2	1	0
482	0.300	102.47	0.115	2.397	47	-0.893	0	1	0
483	0.400	12.93	1.404	3.132	47	-0.742	0	0	0
484	0.200	64.13	1.501	2.237	33	-1.520	7	1	1
485	0.200	50.84	0.872	1.844	4	-0.849	13	0	0
486	0.200	100.36	0.385	2.313	47	-0.611	13	1	1
487	0.200	79.24	0.581	2.917	47	-0.650	4	1	0
488	0.200	87.88	0.325	1.380	47	-0.643	0	1	0
489	0.200	95.15	0.435	1.640	47	-1.004	3	1	0
490	0.225	75.81	0.132	3.475	47	-0.559	1	1	0
491	0.300	110.44	0.177	2.921	47	-0.749	3	1	1
492	0.200	95.04	0.638	1.896	47	-1.169	3	1	1
493	0.300	86.56	0.236	2.547	47	-0.707	2	1	0
494	0.250	100.01	0.109	1.960	47	-0.951	8	1	0
495	0.200	52.08	1.683	2.045	39	0.110	3	1	1
496	0.350	70.80	1.238	1.585	40	-0.219	4	1	1
497	0.350	68.24	0.822	1.835	47	-0.988	24	1	0
498	0.350	120.52	0.277	1.897	47	-1.033	33	1	0
499	0.300	55.26	11.752	1.096	27	-1.042	3	1	0
500	0.750	88.45	0.674	1.520	65	-0.308	1	1	0
501	0.400	22.56	1.365	1.358	65	-0.199	7	1	0
502	0.600	92.54	0.619	1.415	40	-0.421	2	1	1
503	0.550	14.89	0.758	1.410	40	-0.421	0	1	0
504	0.200	1.32	19.493	2.430	13	-0.198	0	0	0
505	0.200	62.03	0.339	1.827	40	0.036	3	1	1
506	0.200	20.94	0.587	2.283	13	-0.198	0	0	0
507	0.300	73.25	4.147	2.183	47	-0.036	3	0	0
508	0.250	6.93	1.887	1.881	47	-0.475	2	0	0
509	0.300	87.22	1.877	1.410	65	0.096	9	0	0
510	0.200	67.13	0.368	2.021	13	-0.762	0	0	0
511	0.250	22.06	4.755	2.004	20	-0.341	0	0	0
512	0.300	94.83	0.088	1.610	47	-0.664	1	1	0
513	0.250	78.03	0.328	2.119	47	-0.777	7	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
514	0.300	108.40	0.262	3.279	47	-0.633	0	1	0
515	0.300	91.89	0.181	2.953	47	-0.760	0	1	0
516	0.350	24.35	0.016	1.070	65	0.000	2	1	1
517	0.350	82.99	2.921	1.790	65	0.219	1	1	1
518	0.250	19.63	2.498	3.164	20	-0.430	0	0	0
519	0.250	59.31	0.815	1.660	14	-0.309	2	0	0
520	0.300	86.15	0.218	2.118	47	-0.506	2	1	0
521	0.200	133.17	1.923	1.995	39	-0.532	5	1	0
522	0.400	69.95	0.373	2.020	47	-0.804	5	1	0
523	0.350	35.00	0.161	2.137	47	-0.836	0	1	0
524	0.350	95.28	0.145	1.914	47	-0.951	0	1	0
525	0.400	117.71	0.144	2.226	47	0.000	0	1	0
526	0.950	80.13	0.008	1.230	60	-0.280	1	0	0
527	0.500	37.88	1.764	1.713	40	-0.227	1	1	1
528	0.400	57.58	0.426	1.350	65	0.035	2	1	1
529	0.400	101.96	0.409	1.310	65	-0.247	14	1	0
530	0.950	14.15	0.445	1.400	60	-0.235	0	0	0
531	0.350	90.03	0.575	1.570	65	0.287	0	1	1
532	0.850	51.56	1.566	1.810	40	-0.150	1	1	0
533	0.400	26.36	0.628	1.365	65	0.062	0	1	1
534	0.400	93.65	1.608	1.512	65	0.025	0	1	1
535	0.750	95.50	1.397	1.758	65	-0.176	3	1	1
536	0.400	80.04	1.304	1.870	65	0.136	1	1	1
537	0.600	102.29	0.550	1.284	40	-0.381	2	1	0
538	0.200	83.76	0.243	1.311	39	-0.544	14	1	1
539	0.200	67.50	3.051	3.328	47	0.339	1	1	1
540	0.225	2.17	14.274	2.398	7	-0.272	0	0	0
541	0.900	89.03	0.006	3.730	24	-0.184	9	0	0
542	0.150	75.78	1.219	1.895	47	-0.475	13	0	0
543	0.200	70.95	0.627	1.753	15	-0.357	0	0	0
544	0.250	44.87	0.023	2.459	20	-0.430	1	0	0
545	0.350	85.65	0.669	1.675	65	0.003	1	1	1
546	0.200	128.19	1.396	1.807	39	-0.134	11	1	1
547	0.200	52.02	1.700	2.088	39	0.175	1	1	0
548	0.200	31.77	0.194	1.296	9	-1.770	8	0	0
549	0.300	76.08	0.070	1.908	47	-1.169	8	1	0
550	1.300	146.23	0.868	1.257	65	-0.067	5	0	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
551	0.450	18.51	1.422	1.430	65	-0.040	8	1	1
552	0.950	82.62	0.202	1.455	60	-0.306	1	0	0
553	0.400	82.68	1.027	1.535	65	-0.121	3	1	0
554	0.400	83.58	0.316	2.583	47	-0.783	8	1	0
555	0.350	101.36	0.349	3.343	47	-0.749	5	1	1
556	0.400	82.49	0.596	1.500	65	-0.257	3	1	1
557	0.600	91.93	1.844	1.450	65	-0.287	0	1	1
558	0.600	89.67	0.826	1.505	65	-0.257	3	1	0
559	0.350	55.14	1.020	1.123	65	-0.021	4	1	1
560	0.400	102.17	0.702	1.610	40	-0.221	11	1	1
561	1.000	46.89	0.171	1.892	12	-0.107	0	0	0
562	0.300	19.31	3.275	1.312	12	-0.119	0	0	0
563	0.200	133.20	1.461	2.020	39	0.264	1	1	0
564	0.900	79.93	0.182	2.265	12	-0.095	0	0	0
565	0.700	33.77	0.497	2.268	12	-0.001	0	0	0
566	0.900	79.62	0.184	2.145	12	-0.095	0	0	0
567	1.100	51.94	0.943	1.253	12	-0.022	0	0	0
568	0.250	99.91	0.218	1.340	47	-1.590	10	0	0
569	0.200	128.29	1.480	2.114	39	-0.072	8	1	0
570	0.300	71.35	2.730	2.483	20	-0.312	0	1	1
571	0.250	71.79	0.730	2.032	47	-0.598	5	1	0
572	0.300	47.58	5.623	3.265	20	-0.312	0	0	0
573	0.400	117.09	3.280	2.675	20	-1.029	1	1	0
574	0.200	21.01	0.048	1.687	20	0.301	0	1	1
575	0.400	69.86	3.579	1.461	20	-1.060	0	1	1
576	0.600	19.34	2.018	4.088	20	0.132	0	0	0
577	0.300	65.50	0.209	2.453	47	-0.417	1	1	0
578	0.400	86.57	0.619	2.668	20	-0.346	5	0	0
579	0.450	62.02	1.117	1.527	20	-0.701	0	1	1
580	0.450	7.59	5.233	1.539	15	-0.357	0	0	0
581	0.200	107.79	0.377	1.835	47	-0.504	44	0	1
582	0.200	78.40	1.217	1.531	47	-0.251	18	1	0
583	0.200	64.96	0.059	1.516	9	-1.770	2	0	0
584	0.300	31.46	0.706	2.089	20	-0.341	0	1	1
585	0.300	26.42	1.376	3.000	20	-0.300	0	1	1
586	0.250	76.84	0.935	2.150	47	-0.105	1	1	0
587	0.250	49.17	0.386	1.417	14	-0.373	0	1	1

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
588	0.300	64.72	3.206	3.429	20	-0.322	0	1	1
589	0.300	55.10	2.386	1.486	20	-1.442	1	0	0
590	0.400	68.59	0.291	2.674	47	-0.387	2	1	0
591	0.350	24.08	0.042	2.784	47	-0.271	1	1	1
592	0.450	60.98	1.230	2.203	20	-0.682	0	0	0
593	0.200	108.33	4.500	1.710	47	-0.625	10	1	0
594	0.300	89.78	0.710	2.538	47	-0.311	5	1	0
595	0.250	90.24	0.958	2.042	47	-0.274	0	1	0
596	0.350	88.79	0.325	2.636	20	-0.374	0	0	0
597	0.400	40.42	11.497	2.048	20	-0.346	0	0	0
598	0.400	21.67	7.947	2.091	20	-0.433	0	1	0
599	0.200	60.11	0.919	2.184	27	-0.291	0	1	1
600	0.200	56.76	0.698	1.802	60	-0.014	5	1	1
601	0.250	44.30	0.549	1.689	12	-0.095	4	0	0
602	0.450	60.96	1.410	1.055	12	-0.193	0	0	0
603	0.600	49.53	0.946	1.488	12	-0.165	0	0	0
604	0.950	6.00	1.784	2.280	12	-0.010	0	0	0
605	0.250	40.97	0.005	1.433	12	-0.096	0	0	0
606	0.600	97.02	0.804	2.002	12	-0.110	3	1	1
607	0.700	25.72	0.689	2.488	12	-0.117	0	1	1
608	0.600	17.52	0.480	1.733	12	-0.069	0	1	1
609	1.000	51.91	0.086	2.173	12	-0.034	0	0	0
610	0.950	58.49	0.256	2.171	12	-0.042	0	0	0
611	0.200	56.92	0.258	1.910	39	-1.085	0	1	0
612	0.200	70.51	0.804	1.502	39	-1.089	1	1	1
613	0.200	40.53	1.581	2.518	60	0.000	11	1	0
614	0.200	63.65	0.234	1.780	40	-0.679	1	1	1
615	0.200	80.72	0.264	2.187	40	-0.789	3	1	0
616	0.200	31.28	1.231	2.002	40	-0.679	3	1	1
617	0.300	6.82	1.804	2.535	3	-0.764	0	0	0
618	0.300	79.19	0.250	2.355	3	-0.790	7	1	1
619	0.300	33.01	0.243	2.035	3	-0.280	1	0	0
620	0.300	31.92	0.330	2.050	3	-0.726	10	0	0
621	0.300	19.52	0.375	2.065	3	-0.726	11	0	0
622	0.300	80.19	0.442	2.110	3	-0.758	10	0	0
623	0.500	71.59	0.493	0.528	12	-0.096	5	0	0
624	0.700	17.61	1.115	0.710	60	0.000	0	0	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
625	0.700	7.26	6.748	3.187	12	-0.102	0	0	0
626	0.250	78.76	0.196	1.639	12	-0.071	0	1	1
627	0.400	86.10	0.693	1.928	12	-0.074	0	0	0
628	0.600	20.88	1.357	2.923	12	-0.102	0	0	0
629	0.500	67.10	0.424	1.465	12	-0.158	3	0	0
630	0.400	54.60	0.448	1.460	12	0.113	1	0	0
631	0.700	85.30	0.377	2.207	12	-0.117	0	1	1
632	0.200	62.64	0.156	1.363	39	-1.109	0	1	1
633	0.200	77.62	0.278	2.891	47	-0.201	0	1	0
634	0.200	10.58	6.387	1.993	27	0.000	0	1	0
635	0.300	120.16	0.158	1.700	47	-0.903	0	1	1
636	0.350	4.01	0.526	1.617	39	-0.055	0	1	1
637	0.350	60.32	0.339	2.135	39	-1.024	4	1	0
638	0.200	98.09	0.354	1.475	47	-0.707	11	1	1
639	0.350	33.05	1.301	3.742	39	0.000	0	0	0
640	0.225	105.31	0.026	2.290	47	-0.885	1	1	0
641	0.400	104.96	0.147	1.600	47	-1.014	0	1	1
642	0.400	121.45	0.078	1.575	47	-0.930	22	1	0
643	0.200	27.77	0.252	1.590	47	-0.881	4	0	0
644	0.200	49.57	0.331	1.723	47	-0.685	4	1	1
645	0.350	24.07	0.064	1.740	39	-0.979	0	0	0
646	0.350	11.61	13.634	2.429	39	-0.979	2	0	0
647	0.250	86.50	0.262	2.686	39	-1.131	2	0	0
648	1.100	76.03	0.229	1.105	60	-0.222	8	0	0
649	1.200	100.47	0.213	1.075	60	-0.217	3	0	0
650	1.100	80.10	0.226	1.090	60	-0.244	1	0	0
651	0.600	59.03	0.440	1.300	60	-0.056	0	1	1
652	1.500	60.69	0.369	1.360	60	0.030	0	0	0
653	1.200	108.52	0.515	1.303	60	-0.242	8	0	0
654	1.300	58.09	0.124	1.430	60	-0.184	0	0	0
655	1.300	60.48	0.046	1.390	60	-0.206	0	0	0
656	1.300	60.57	0.190	1.355	60	-0.113	0	0	0
657	0.800	114.47	0.432	1.095	60	-0.290	0	1	1
658	1.100	89.93	0.843	1.764	60	-0.097	0	0	0
659	1.100	92.80	0.245	2.635	60	-0.041	0	0	0
660	1.100	129.11	0.362	1.345	60	-0.013	1	0	0
661	1.100	96.28	0.392	2.210	60	-0.096	0	0	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
662	1.100	99.74	1.186	1.684	60	-0.041	1	0	0
663	1.100	17.43	0.307	1.761	60	-0.022	0	0	0
664	1.100	90.20	0.584	1.757	60	-0.048	0	0	0
665	0.200	53.94	0.731	2.156	47	-0.347	11	1	1
666	0.200	59.64	0.620	2.171	27	-0.288	0	1	1
667	0.200	66.86	2.090	2.262	47	-0.146	3	1	1
668	0.200	58.93	0.384	1.105	47	-0.108	4	1	0
669	0.400	103.81	0.067	0.826	27	-0.232	2	1	0
670	0.350	56.79	0.154	1.466	39	-0.055	0	1	0
671	0.350	83.07	0.355	1.630	47	-0.860	11	1	0
672	0.400	79.39	0.267	3.020	47	-0.898	0	1	1
673	0.500	4.02	17.421	2.535	39	0.000	0	1	1
674	0.300	130.46	0.126	1.760	47	-0.903	5	1	0
675	0.300	122.55	0.166	1.705	47	-1.208	0	1	1
676	0.350	94.84	0.404	1.735	47	-1.208	19	1	0
677	0.400	96.79	0.226	2.940	24	-0.833	1	0	0
678	0.350	97.21	0.266	3.435	24	-0.775	3	0	0
679	0.300	77.66	0.363	1.225	47	-0.989	0	1	1
680	0.200	9.18	0.595	1.619	47	0.000	1	1	1
681	0.200	33.74	0.432	1.460	47	-0.688	0	1	1
682	0.500	13.13	7.188	2.604	39	-0.979	2	1	1
683	0.200	29.06	0.313	1.609	47	-0.701	1	1	1
684	0.500	23.65	7.539	1.530	39	-0.837	0	1	1
685	0.200	76.77	1.722	1.670	9	0.000	2	0	0
686	0.200	15.56	0.201	1.590	47	-0.674	4	1	0
687	0.200	65.38	0.267	1.575	40	-0.652	13	1	0
688	0.200	16.76	0.769	1.650	40	-0.652	2	1	0
689	1.500	90.27	0.083	1.305	60	-0.019	0	0	0
690	1.400	60.03	0.299	1.320	60	-0.133	0	0	0
691	1.300	62.05	0.049	1.595	60	-0.158	2	0	0
692	1.400	59.00	0.346	1.340	60	-0.133	0	0	0
693	0.200	43.45	0.752	1.655	47	-0.480	3	1	1
694	0.200	45.00	0.978	2.024	47	-0.630	18	1	1
695	0.200	60.24	0.282	3.030	47	0.014	8	1	1
696	0.250	72.76	0.339	2.504	47	0.011	3	1	1
697	0.300	81.04	0.634	1.262	47	-0.110	10	1	1
698	0.300	69.09	0.241	1.836	47	-0.126	0	1	0

No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
699	0.200	51.28	0.317	1.817	47	-0.467	12	1	1
700	0.300	81.70	0.153	1.361	47	-0.022	4	1	1
701	0.400	69.74	0.343	1.898	47	-0.025	2	1	1
702	0.400	90.63	0.065	1.912	47	-0.110	2	1	1
703	0.200	82.84	2.148	1.838	12	-0.111	8	0	0
704	0.200	95.72	0.093	1.935	47	-0.319	21	1	1
705	0.350	68.05	0.559	1.505	60	-0.226	10	1	1
706	0.600	109.58	0.077	1.921	12	-0.383	1	0	0
707	0.600	67.25	0.337	2.089	12	-0.178	3	0	0
708	0.300	9.96	0.772	1.925	12	-0.010	0	0	0
709	1.100	11.38	7.185	2.690	60	0.000	0	0	0
710	0.200	72.99	1.439	1.768	47	-0.017	2	1	1
711	0.200	62.83	0.482	1.546	47	-0.049	0	1	1
712	0.200	88.07	0.446	1.910	47	-0.185	3	1	1
713	0.250	64.60	0.561	1.712	39	-0.072	1	1	0
714	0.300	60.30	0.241	1.218	47	-0.114	1	1	0
715	0.400	55.86	0.036	1.377	47	-0.121	2	1	1
716	0.200	70.39	0.013	1.952	60	-0.200	9	1	0
717	0.400	75.57	1.041	1.495	47	0.000	5	1	1
718	0.350	81.25	0.193	1.160	47	-0.038	0	0	0
719	0.300	6.44	6.927	1.474	47	-0.114	0	1	0
720	0.250	27.80	2.152	1.449	7	0.121	21	1	0
721	0.400	73.50	0.157	2.237	47	-0.137	2	1	1
722	0.200	80.34	0.022	2.060	12	-0.061	2	0	0
723	0.200	43.14	7.922	2.462	47	-0.442	1	1	1
724	0.950	5.48	2.753	2.215	12	-0.033	0	0	0
725	0.600	60.46	0.550	2.080	12	-0.106	0	1	1
726	0.550	30.95	1.443	2.325	12	-0.106	0	1	1
727	0.700	68.59	0.441	2.038	12	-0.096	0	0	0
728	0.550	48.47	3.271	2.566	12	0.031	0	1	1
729	0.200	99.88	0.659	1.685	47	-0.148	0	0	1
730	0.200	56.61	0.449	2.100	3	0.021	1	0	0
731	0.250	17.98	0.278	2.085	9	0.000	0	0	0
732	0.250	78.34	0.281	1.990	9	-0.168	0	0	0
733	0.200	50.87	1.120	1.850	40	0.004	1	1	0
734	0.200	51.32	1.169	1.830	47	0.061	1	1	0
735	0.400	46.26	1.611	1.733	1	-0.098	3	0	1



No.	D	L	S	H	E	B	A	MBIN	YBIN
736	0.400	48.42	1.506	2.133	1	-0.098	2	0	0
737	0.200	11.11	0.000	0.500	24	-0.575	11	0	0
738	0.200	17.01	0.000	0.500	24	0.000	0	0	0