



PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito para
obtener el Título de INGENIERO DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA GESTIÓN OPERATIVA DE VALLAS PUBLICITARIAS. CASO: EMPRESA GRUPO TRUST MEDIATICO 2014 C.A.

Por

Br. Sabrina Labrador

Tutor: Prof. Sara Yépez

Cotutor: Prof. George Jabbour

Julio 2017

©2017 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

C.C. Reconocimiento

Desarrollo de un Modelo de Optimización para la Gestión Operativa de Vallas Publicitarias. Caso: Empresa Grupo Trust Mediático 2014 C.A.

Br. Sabrina Labrador

Proyecto de Grado — Investigación de Operaciones, 134 páginas

Resumen: la empresa dedicada a la publicidad exterior “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.” tiene la necesidad de gestionar las actividades operativas de vallas (instalación de publicidad, mantenimiento de vallas y remoción de estructuras publicitarias) de forma óptima, conjunta y organizada, puesto que actualmente se lleva a cabo de forma empírica según la experticia del personal y, cuando aumenta la cantidad de vallas por atender la programación de visitas y asignación de actividades se torna complicada y desorganizada generando un aumento en los costos operativos totales de la empresa. Para solventar esta situación, primero se llevó a cabo un estudio situacional del Departamento de Operaciones y su relación con el resto del sistema empresarial, con el fin de determinar las fallas en la gestión actual de actividades y establecer el grupo variables que debe tomarse en cuenta para la nueva gestión. Posteriormente, se diseñó e implementó un algoritmo híbrido para la gestión operativa de vallas publicitarias que combina dos modelos de programación lineal entera mixta (que atienden el problema de ruteo de vehículos) y un manejador de bases de datos que registra la información relevante del sistema. El modelo de optimización genera la planificación de actividades diaria tomando en cuenta las prioridades asignadas a los diferentes tipos de actividades, la minimización en los tiempos de recorrido y atención a las vallas, el cálculo de la cantidad mínima de vehículos subcontratados necesarios para la planificación de instalaciones vencidas y la maximización en la asignación de instalaciones vencidas a vehículos subcontratados. El modelo fue implementado haciendo uso del lenguaje de programación C++ y Python, junto con la librería de GLPK y el manejador de bases de datos SQLite. Luego, se simuló 21 días de planificación en los que se llevaron a cabo 50 instalaciones, 40 actividades especiales y 30 actividades de mantenimiento correctivo, allí se encontró que el modelo respondió con una solución factible, mejorando en un 38% aproximadamente de optimización en los tiempos de atención y recorrido y un 15% en la cantidad de vehículos subcontratados usados. Finalmente se llevó a cabo un análisis de sensibilidad donde se muestran una serie de escenarios que estudian el comportamiento del modelo en una serie de casos particulares y demuestran que la implementación del modelo cumple con el diseño propuesto y por lo tanto con los requerimientos reales de la empresa.

Palabras clave: Publicidad Exterior, Vallas Publicitarias, Mantenimiento, Gestión Operativa, Modelo de Optimización, Ruteo de Vehículos, Instalación de Publicidad.

Índice

Dedicatoria.....	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas	xii
Capítulo 1	6
Introducción	6
1.1 Antecedentes	8
1.2 Planteamiento del Problema	10
1.3 Justificación.....	10
1.4 Alcance	11
1.5 Objetivos de la Investigación.....	11
1.5.1 Objetivo General	11
1.5.2 Objetivos Específicos.....	11
1.6 Estructura.....	12
Capítulo 2	13
Marco Conceptual	13
2.1 Industria Publicitaria	13
2.1.1 Publicidad Exterior	13
2.1.2 Tipos de anuncios publicitarios	14
2.1.3 Regulaciones	15
2.1.4 Empresas de Publicidad Exterior.	16
2.2 Mantenimiento	18
2.2.1 Tipos de Mantenimiento.....	18
2.3 Programación Lineal	20
2.3.1 Programación Lineal Entera.....	21
1.5.3 Programación Lineal Entera Mixta.....	21
1.5.4 Programación Entera Binaria.....	21
2.4 El problema del Ruteo de Vehículos	22
2.4.1 Los Clientes	22
2.4.2 Los Depósitos	23
2.4.3 Los Vehículos	23
2.4.4 Variaciones del VRP.....	23

2.5	GLPK.....	27
2.6	Branch-and-Cut	28
Capítulo 3		30
Grupo Trust Mediático 2014 C.A.		30
3.1	Descripción General.....	30
3.1.1	Misión	31
3.1.2	Visión.....	31
3.2	Vallas Vepaco.....	32
3.2.1	Objetivo Táctico	32
3.2.2	Región Modelo.....	32
3.2.3	Productos	35
3.2.4	Componentes de las Vallas Publicitarias Vepaco	35
3.2.5	Tipos de Vallas Vepaco	38
3.3	Software OMM TM	39
3.4	Procesos Previos a la Gestión Operativa	41
3.4.1	Coordinación de Ventas	41
3.4.2	Producción de Sustratos	43
3.4.3	Supervisión de Vallas	45
3.5	Gestión Operativa de Vallas.....	45
3.5.1	Instalación de Publicidad.....	45
3.5.2	Mantenimiento de Vallas	47
3.6	Actividades	48
3.6.1	Prioridades.....	49
3.6.2	Demandas.....	52
Capítulo 4		54
Construcción del Modelo		54
4.1	Objetivos del Modelo	54
4.2	Características Relevantes del Sistema Real.....	55
4.3	Supuestos del Modelo	57
4.4	Calculo de Vehículos Subcontratados con PLEM	57
4.4.1	Parámetros.....	58
4.4.2	Variables	60
4.4.3	Función Objetivo	61
4.4.4	Restricciones	61

4.5	Planificación de actividades con PLEM	63
4.5.1	Parámetros.....	63
4.5.2	Función Objetivo	65
4.5.3	Restriccion Adicional	65
4.6	Entradas del Modelo	65
4.6.1	Vallas	66
4.6.2	Actividades	66
4.6.3	Pendientes	67
4.7	Salida del Modelo	68
4.7.1	Orden de Carretera (OC).....	68
4.8	Modelo para la Gestión Operativa de Vallas	69
4.8.1	Módulo 1: Lista de Pendientes.....	69
4.8.2	Módulo 2: Mantenimiento Correctivo de Emergencia	70
4.8.3	Módulo 3: Instalación de Publicidad	70
4.8.4	Módulo 4: Mantenimiento Correctivo Diferido	70
Capítulo 5		73
Resultados del Modelo		73
5.1	Presentación del Programa	73
5.2	Uso del Programa.....	74
5.2.1	Llenar la Base de Datos	75
5.2.2	Ingresar Nuevos Pendientes	76
5.2.3	Generar la OC	79
5.2.4	Imprimir la OC	80
5.2.5	Reportar Actividades.....	83
5.3	Implementación del Programa	85
5.4	Análisis de Sensibilidad.....	89
5.2.1	Escenario 0: Valores Ilógicos.....	89
5.2.2	Escenario 1: Subcontrato Instalaciones Vencidas.....	94
5.2.3	Escenario 2: Escoge Instalación	96
5.2.4	Escenario 3: Escoge Mantenimiento	97
5.2.5	Escenario 4: Cambio de Prioridad.....	100
Capítulo 6		102
Conclusiones y Recomendaciones		102
6.1	Conclusiones	102

6.2 Recomendaciones	103
Bibliografía	106
A Determinación de los Tiempos de Ejecución	110
B Actividades	116
C Manual de Usuario del Programa	120
D Extracto de OC: desde 01-11-2016 hasta 29-11-2016	127

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Índice de Figuras

Figura 2.1: Tipos de Mantenimiento. Fuente: (Naval & Fiorucci, 2016).	20
Figura 3.1: Organigrama de Vallas Vepaco. Fuente: Grupo Trust Mediático, (2016).	33
Figura 3.2: Regiones Operativas de GTM. Fuente: Elaboración Propia	33
Figura 3.3: Ubicación del Depósito de la sucursal de Caracas. Fuente: Google Maps. Coordenadas específicas: 10.49206, -66.78868.	34
Figura 3.4: Vehículo del Depósito de la sucursal de Caracas. Fuente: Elaboración Propia	35
Figura 3.5: Componentes de una valla Vepaco, Parte 1. Fuente: Elaboración Propia.	36
Figura 3.6: Componentes de una valla Vepaco, Parte 2. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 3.7: Componentes de una valla Vepaco, Parte 3. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 3.8: Componentes de una valla Vepaco, Parte 4. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 3.9: Diagrama de actividades para la venta de las vallas publicitarias en GTM. Fuente Elaboración Propia.	42
Figura 3.10: Diagrama de actividades de la producción de sustratos en GTM. Fuente: Elaboración Propia.	44
Figura 3.11: Diagrama de actividades para gestionar operativamente la instalación y mantenimiento de vallas en GTM. Fuente: Elaboración Propia.	48
Figura 3.13: Clasificación de las actividades de gestión operativa de vallas en GTM. Fuente: Elaboración Propia.	50
Figura 3.13: Clasificación de la instalación de publicidad en vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia ...	50
Figura 3.14: Clasificación del mantenimiento correctivo en vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia ...	50
Figura 3.15: Clasificación de las actividades de mantenimiento correctivo diferido de las vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia.	51
Figura 3.15: Clasificación de las actividades Especiales por tipo de valla publicitaria a la que atienden. Fuente: Elaboración Propia.	52
Figura 4.1: Ejemplo de la formulación de un código para una actividad del modelo (JMC8). Fuente: Elaboración Propia.	68
Figura 4.2: Diagrama de flujo para gestionar operativamente las vallas en GTM. Fuente: Elaboración Propia.	Error! Bookmark not defined.
Figura 5.1: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.	75
Imagen 5.2: Menú para la Gestión de la Base de Datos del Programa. Fuente: Software para la GOV.	76
Figura 5.3: Ejemplo de ingreso de una nueva actividad al sistema. Fuente: Software para la GOV.	77
Figura 5.4: Extracto de la lista ordenada de pendientes con prioridades. Fuente: Software para la GOV. .	77

Figura 5.5: Menú para imprimir en consola información de ayuda y extracto de opción 1, actividades para vallas tipo Junior. Fuente: Software para la GOV.	78
Figura 5.6: Extracto de opción 4, códigos de vallas tipo Junior. Fuente: Software para la GOV.	78
Figura 5.7: Extracto de mapa del parque de vallas, el link está ubicado en la opción 4 del menú de actividades pendientes. Fuente: Google Maps.	79
Figura 5.8: Ejemplo de la pregunta en consola sobre disponibilidad de vehículos. Fuente: Software para la GOV.	80
Figura 5.9: Ejemplo de la pregunta en consola sobre cantidad de vehículos. Fuente: Software para la GOV.	80
Figura 5.10: Ejemplo de archivo OC.txt creado por el programa. Fuente: Software para la GOV.	81
Figura 5.11: Extracto del resultado de la opción 4 del menú principal, impresión de la planificación. Fuente: Gedit.	82
Figura 5.12: Resultado del Link de la ruta para el vehículo 2 en OT.txt, junto con la marca de las vallas y el deposito sobre la ubicación. Fuente: Google Maps.	82
Figura 5.13: Menú para reportar las actividades realizadas o no. Fuente: Software para la GOV.	82
Figura 5.14: Lista de las actividades planificadas (opción 1 del menú de reportes). Fuente: Software para la GOV.	83
Figura 5.15: Extracto de la lista de actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.	84
Figura 5.16: Lista de actividades realizadas (opción 6 del menú de reportes). Fuente: Software para la GOV.	84
Tabla 5.1: Actividades del día 01/11/2016. Fuente: INVERSHOW 0507.	85
Tabla 5.2: Actividades del día 03/11/2016, CREATIVE LUX, C. A. Fuente: Elaboración Propia.	86
Tabla 5.3: Actividades del día 03/11/2016, TARGET, C.A. Fuente: Elaboración Propia.	86
Tabla 5.4: Actividades del día 07/11/2016, ANTHONY CIARDIELLO NASTRI. Fuente: Elaboración Propia.	86
Tabla 5.5: Actividades del día 09/11/2016, BANCO DE DESAROLLO ECONOMICO Y SOCIAL DE VZLA. Fuente: Elaboración Propia.	87
Tabla 5.6: Actividades del día 14/11/2016, SPAZIO DI CASA (SPAZIO CCS), C.A. Fuente: Elaboración Propia.	87
Tabla 5.7: Actividades del día 16/11/2016, VIVIR SEGUROS, C.A. Fuente: Elaboración Propia.	87
Tabla 5.8: Actividades del día 16/11/2016, EUROPERFUMES DE VENEZUELA 2004, C.A. Fuente: Elaboración Propia.	88
Figura 5.17: Error al intentar correr el modelo sin actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.	90

Figura 5.18: Error al intentar introducir un código de valla que no pertenece a la Base de Datos. Fuente: Software para la GOV.	90
Figura 5.19: Error al asignar un código de actividad que no pertenece a la base de datos del programa. Fuente: Software para la GOV.	91
Figura 5.20: Error al intentar introducir una fecha mayor a la fecha actual. Fuente: Software para la GOV.	91
Figura 5.21: Error al asignar una actividad para vallas tipo Junior a una valla tipo DERG. Fuente: Software para la GOV.	91
Figura 5.22: Error al intentar listar actividades pendientes si la lista está vacía. Fuente: Software para la GOV.	92
Figura 5.23: Error al no estar disponible ningún vehículo para el ruteo. Fuente: Software para la GOV. ..	92
Figura 5.24: Error cuando el archivo de la OC está vacío. Fuente: Software para la GOV.	93
Figura 5.25: Error cuando la lista de actividades planificadas está vacía. Fuente: Software para la GOV. ..	93
Figura 5.26: Error cuando la lista de actividades realizadas está vacía. Fuente: Software para la GOV.....	93
Figura 5.27: Error al ingresar una cantidad de vehículos extrema. Fuente: Software para la GOV.	94
Figura 5.28: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 1. Fuente: Elaboración Propia.	95
Figura 5.29: Extracto del archivo OT.txt para el caso en que el vehículo propio está disponible y no subcontrato ningún vehículo. Fuente: Software para la GOV.	95
Figura 5.30: Extracto del archivo OT.txt para el caso en que el vehículo propio no está disponible y subcontrato un (1) vehículo. Fuente: Software para la GOV.	95
Figura 5.31: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 2. Fuente: Elaboración Propia.	96
Figura 5.32: Extracto del archivo OT.txt generado en el escenario 2. Fuente: Software para la GOV.	96
Figura 5.33: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 3. Fuente: Elaboración Propia.	97
Figura 5.34: Extracto del archivo modelo.mod generado por el sistema. Fuente: gedit.	98
Figura 5.35: Lista de las primeras dos actividades introducidas para correr el escenario 5. Fuente: Software para la GOV.	101
Figura 5.36: Lista de las actividades introducidas para correr el escenario 5. Fuente: Software para la GOV.	101
Figura C.1: Grafico de densidad de la actividad “JMC1: Engomar Marcos”. Fuente: Elaboración Propia.	112
Figura C.2: Grafico “qqnorm” para la actividad “JMC1: Engomar Marcos”. Fuente: Elaboración Propia ..	112
Figura C.3: Grafica de las muestras de tiempo (en minutos) tomadas para la actividad JMC1. Fuente: Elaboración Propia.	113
Figura C.4: Grafico de densidad de datos para la actividad “JE1: Retiro Total del Aviso”. Fuente: Elaboración Propia.	113

Figura C.5: Grafico “qqnorm” para la actividad “JE1: Retiro Total del Aviso”. Fuente: Elaboración Propia.	114
Figura F.1: Comandos de inicio en consola. Fuente: Software para la GOV.	120
Figura F.2: Comando de compilación. Fuente: Software para la GOV.	121
Figura F.3: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.	121
Figura F.4: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.	123
Figura F.5: Ejemplo de ingreso de una nueva valla. Fuente: Software para la GOV.	123
Figura F.6: Menú para gestionar las actividades pendientes por ejecutar. Fuente: Software para la GOV.	124
Figura F.7: Menú para mostrar información de ayuda en la introducción de nuevas actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.	124
Figura F.8: Ingreso de características del vehículo. Fuente: Software para la GOV.	125
Figura F.9: Ingreso de vehículos subcontratados. Fuente: Software para la GOV.	125
Figura F.10: Impresión de la planificación de actividades. Fuente: Software para la GOV.	125
Figura F.11: Menú para reportar actividades. Fuente: Software para la GOV.	126

www.bdigital.ula.ve

Índice de Tablas

Tabla 3.1: Vallas gestionadas por las sucursales. Fuente: Elaboración Propia	39
Tabla 3.2: Prioridades de las actividades de gestión operativa. Fuente: Elaboración Propia	52
Tabla C.1: Tabla de tiempos deterministas para cada actividad de gestión operativa sobre las vallas tipo Junior, marca VEPACO y pertenecientes a la empresa GTM. Fuente: Elaboración Propia	115
Tabla D.1: Actividades para la Gestión Operativa de Vallas en la empresa GTM. Fuente: Elaboración Propia.	119

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Capítulo 1

Introducción

La publicidad se refiere a cualquier anuncio destinado al público con el objetivo de promover la venta de bienes y servicios. Su función es familiarizar al consumidor potencial con el producto o servicio e informarle su denominación, el productor o proveedor del bien o servicio, los beneficios de la compra y puntos de venta existentes para su adquisición (Galindo, 2013).

Dentro de este contexto se encuentra la publicidad exterior como el medio publicitario más extenso y tradicionalmente usado, cuyos inicios se remontan al siglo XIX, por lo que podría decirse que quizás es la forma más antigua de publicidad existente. El término "exterior" se refiere precisamente a un medio dirigido al público en movimiento, usualmente en vías de transportación terrestre. Lo más importante de este tipo de publicidad es su distribución en las principales avenidas de una ciudad, las estaciones de metro de mayor afluencia y en general, lugares donde miles de personas circulan diariamente, es allí donde se logrará una mayor captación del público que demandará el producto expuesto (Ayestaran, De Abreu, & Gerrero, 2000).

En Venezuela, la primera compañía dedicada a la publicidad exterior se conocía bajo el nombre de Agencia Nacional de Anuncios y ya para el año 1950, se decidió establecer el nombre comercial de VEPACO C.A. (Venezuelan Publishing Advertising Company), registrando para ese entonces las vallas de su propiedad bajo dicha marca.

Desde sus inicios, VEPACO es una empresa innovadora fundamentada en la seriedad, compromiso y lealtad, tomando como pilar la calidad en el servicio prestado a los clientes. La empresa cuenta con el mayor parque de estructuras publicitarias en Venezuela, correspondiente en su totalidad a más de 8700 unidades en todo el territorio nacional. Adicionalmente, VEPACO ofrece a sus clientes avisos de neón, publicidad en paradas de autobús, fabricación de anuncios y fachadas metálicas, pendones, entre otros, ofreciendo al usuario gran versatilidad y una gama de opciones acorde a cada campaña publicitaria. Sin embargo, con el paso de los años se han registrado pérdidas considerables en la estructura física de las plataformas publicitarias de la marca antes mencionada al igual que un aumento en los costos de mantenimiento y en general gran desbalance en la gestión tanto administrativa como operacional de la empresa.

Recientemente, las vallas publicitarias marca VEPACO pasaron a ser propiedad de la corporación dedicada a la comunicación, publicidad y marketing "Grupo Trust Mediático 2014 C.A.", enfocada en la búsqueda de posicionamiento y relevancia en el ambiente publicitario como una empresa altamente competitiva que cumpla con las necesidades de sus clientes, cuya principal motivación es retomar sus raíces y construirse sobre una base sólida donde se conozca el flujo operacional de las actividades a realizar a través de

un proceso limpio y auditable, en torno al fomento de una cultura de identificación y compromiso en los trabajadores.

En tal sentido, es vital el reconocimiento y recuperación de las vallas publicitarias que son el activo de principal interés para la corporación y se gestionan a nivel nacional a través de siete sucursales. El deterioro físico actual de las vallas es un factor prioritario, puesto que solo el 33,6% de las unidades (aproximadamente 2944 vallas publicitarias) están disponibles para su uso, generándose un gran porcentaje de activos en situación de emergencia que conllevan a la aparición de gastos elevados e inesperados. Así, las actividades dirigidas a mejorar el estado físico de las vallas publicitarias se basan en el mantenimiento correctivo, es decir, en acciones que se conciben sin una planificación de actividades que tome en cuenta un inventario detallado de los equipos y recursos disponibles (Albornoz, 2008).

Durante mucho tiempo, el mantenimiento ha sido considerado como una función pasiva encargada de resolver los problemas que surgen en las máquinas (en este caso en las estructuras publicitarias) de forma inesperada y que generan incidencias diarias en el plan de producción (Martín, 2012). Adicionalmente, la historia muestra que la dirección de la empresa durante mucho tiempo, consideraba al mantenimiento como una carga a soportar, tanto contable como presupuestariamente y, por tanto, el objetivo era exclusivamente minimizar los costos.

Sin embargo, en los últimos años el concepto de mantenimiento ha evolucionado y actualmente son muchas las empresas que lo contemplan como una actividad productiva, que requiere gestionarse de forma profesional. Así, surge la Gestión de Mantenimiento como todas aquellas actividades de diseño, planificación y control destinadas a minimizar los costos asociados al mal funcionamiento de los equipos (Rodríguez, 2008).

No obstante, en lo relativo al manejo de las vallas publicitarias, aparte de conservar su buen estado físico también son importantes las actividades de instalación y desinstalación de publicidad en las unidades, pues de estas actividades antes mencionadas depende la supervivencia de la empresa, representando las ganancias principales para el caso del montaje de publicidad y asegurando la disponibilidad del producto para el caso del desmontado de los sustratos publicitarios. Sin embargo, ambas actividades operativas tienen tiempos específicos para llevarse a cabo y deben incluirse en la planificación de visita de las rutas de atención e inspección, dado que el personal encargado del mantenimiento es el mismo de las actividades de montaje y desmontado de publicidad.

Actualmente hay vallas que tienen estructuras desgastadas y requieren estar disponibles pero su mantenimiento se posterga por las instalaciones de publicidad de reciente contratación que “obliga” a saltarse los planes de mantenimiento establecidos y esto termina afectando el “proceso de producción” pues exige en ocasiones tiempos extras para disponer de una valla en mal estado.

Adicionalmente, hay una última actividad a considerar que está incluida en el mantenimiento y, dada su relevancia es necesario mencionarla particularmente, se trata de la remoción de las unidades dañadas, pues

en el caso de dañarse gravemente una valla debe retirarse inmediatamente porque hay que tomar en cuenta que son estructuras grandes ubicadas en vías muy transitadas y de caerse alguna de ellas podría causar graves daños.

En síntesis, y de una forma generalizada el funcionamiento operativo de la empresa publicitaria radica en el montaje de la nueva publicidad en las vallas, el mantenimiento de los anuncios y de las unidades publicitarias que los contienen, el desmontado de publicidad y la remoción de las unidades dañadas; y, para efectos de esta investigación, este grupo de actividades se conocerá como la **gestión operativa** a plataformas publicitarias específicamente a las vallas pertenecientes a la empresa Grupo Trust Mediático y en las categorías de:

- Dobles, Espectaculares, Rejillas y Gigantes (DERG)
- Estándar
- Junior

En función de lo antes descrito, la empresa busca gestionar operativamente las vallas a través de una planificación de las actividades de operación y mantenimiento de forma conjunta, organizada y oportuna, buscando optimizar los costos de ejecución sin dejar de lado el mantenimiento físico adecuado de las vallas, todo esto, procurando alinear la programación de actividades operativas con los requerimientos de las políticas estratégicas que rigen la organización.

1.1 Antecedentes

Pernía (2015) en su tesis de pregrado planteó un modelo de enrutamiento de vehículos como solución a la problemática que se presentó en la Planta de Llenado Vigía I al momento de hacer la distribución de GLP (Gas Licuado de Petróleo), donde en ocasiones los periodos de recarga del GLP fueron tan prolongados que los habitantes de la zona se vieron afectados disminuyendo su calidad de vida. El modelo de VRP planteado responde entonces a la necesidad de optimizar el proceso de distribución de GLP para las bombonas de mayor demanda y, está basado en restricciones de capacidad CVRP (Capacited Vehicle Routing Problem) dadas por la cantidad de bombonas que pueden cargar a los camiones distribuidores de GLP y restricciones de tiempo VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) en función a la jornada laboral. Se analizó el problema en dos etapas, utilizando primero el Algoritmo de Ahorro para calcular los clientes que forman parte de las sub rutas diarias y luego a partir del resultado obtenido, se usó el Algoritmo de Clustering para agrupar las zonas y lograr un ciclo de reposición de GLP aceptable para la empresa y los clientes, adicionalmente el estudio permitió calcular la cantidad de días hábiles necesaria para cubrir la ruta de mayor demanda del circuito mejorando la planificación y programación de la entrega y por ende los tipos de servicio.

De la misma forma, Calderón (2014) estudió la problemática presente en la empresa distribuidora de alimentos El Campesino C.A. donde llevó a cabo el diseño de un modelo de optimización para las rutas de

ventas, en el planteamiento, se utilizaron dos fases en el proceso de optimización: ruteo primero y agrupo después, para la primera fase usó el método del Vecino más Cercano para asignar los clientes que pertenecen a cada sub-ruta diaria, y en la segunda fase el Problema del Agente Viajero para determinar el ruteo que ha de realizar cada vendedor diariamente. Por lo tanto, se observa, en relación al trabajo anterior, que hay varios métodos de llevar a cabo las dos fases del proceso de optimización. En general, la propuesta permitió reestructurar, de manera óptima, los itinerarios ya existentes para mejorar el proceso de ventas de productos, abarcando en menor tiempo al mayor número de clientes dentro de las limitantes de cada caso y por ende obtener beneficio para la empresa.

Igualmente, Ufre (2013) en su investigación estudió el proceso de distribución de productos de la empresa Lácteos Santa Bárbara y de acuerdo a eso planteó un modelo de programación entera binaria para la asignación de productos lácteos a diferentes unidades de transporte para ser enviados a sus destinos en cualquier día laborable tomando en cuenta el volumen del pedido, el día de la semana a ser entregado, la unidad de transporte en donde se lleva, su capacidad de carga, y la sucursal o distribuidora a visitar, en este caso la optimización está basada enteramente en el modelo planteado, a diferencia de los dos trabajos anteriormente citados. La propuesta minimizó los costos de envío y el resultado puede ser de gran utilidad para el personal de la empresa al momento de la planificar la distribución de productos, ya que los resultados indicaron que haciendo uso de este modelo se pueden disminuir los costos en comparación con lo que se realiza actualmente en la empresa.

Por otro lado, Brito (2011) en su búsqueda por abordar problemas de planificación de rutas tomando en cuenta todos los factores asociados, se enfocó en desarrollar una metodología donde se incluye en el modelado implícita o explícitamente la incertidumbre que contiene un problema de ruteo, todo esto con la visión de crear una organización preparada para enfrentar los inconvenientes propios del caso. Este autor hace una revisión bibliográfica¹ y se enfoca en cinco principales fuentes de incertidumbre en el problema de ruteo: el cargador, repartidor, clientes, sistema de control y entorno, sosteniendo así que la complejidad y variabilidad de los sistemas y sus componentes son atributos de la propia realidad, debido a ello la realidad en si misma tiene una incertidumbre inherente e imprevisible. En la investigación hace uso de la optimización difusa o Soft Computing conjuntamente con las meta heurísticas: ACO, patrones generales de software para asignación de responsabilidades (*“General Responsibility Assignment Software Patterns”*, GRASP) y búsqueda en entornos variados (*“Variable Neighborhood Search”*, VNS). Todo esto con el fin de desarrollar una metodología híbrida dedicada a encontrar soluciones satisfactorias a problemas complejos, desde el punto de vista computacional, que generalmente obligan a sobre-simplificar la realidad. A través de la programación lineal difusa el autor desarrolló un modelo valido para la planificación de la ruta de distribución de muchas compañías

¹ Basada en Sanchez, Stantchev, Potter, Naim, & Whiteing (2008).

que optan por la colaboración y la contratación de otros operadores para el desarrollo de las actividades de distribución y reparto de bienes a clientes que lo demandan.

1.2 Planteamiento del Problema

En “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.” la gestión operativa de las vallas publicitarias está basada en la planificación de rutas para llevar a cabo una serie de actividades de acuerdo a los requerimientos de instalación de publicidad y mantenimiento de vallas publicitarias, esta planificación se lleva a cabo empíricamente según la experticia del personal, sin embargo, cuando aumenta la cantidad de vallas por atender la programación de visitas se torna complicada y desorganizada generado que actualmente más de la mitad de unidades del parque de vallas publicitarias estén desatendidas, inactivas o retiradas y por lo tanto un aumento en los costos operativos.

Para solventar esta situación, se propone el desarrollo de un modelo que organice la asignación de las actividades operativas y planifique las rutas de visita apropiadas buscando minimizar los costos operativos, atender los requerimientos tácticos de la organización y recuperar el buen estado físico del parque de vallas publicitarias.

1.3 Justificación

En los últimos años la empresa de publicidad VEPACO C.A. antes de ser adquirida por la organización Grupo Trust Mediático 2014 C.A. incrementó sus costos de gestión operativa hasta alcanzar entre un 40 a 60% de los costos totales de la empresa, en comparación con su estado ideal definido entre un 15 a 30% de los costos, lo que implica que actualmente la empresa se maneja en un ambiente administrativo que no le permite crecimiento y expansión, mientras se dedica las operaciones a tareas inmediatas que solo remedian por poco tiempo la situación (R. Labrador, comunicación personal, 12 de Diciembre de 2016).

Adicionalmente, el parque de vallas que en el año 2001 contaba con más de 8700 unidades, actualmente está conformado solo por aproximadamente 2944 vallas publicitarias necesitadas de atención, es decir, que un 66,4% de las vallas fueron removidas, robadas o simplemente discontinuadas, lo que representa un alto porcentaje de pérdidas, entendiéndose que las vallas son el producto principal que oferta la empresa. También es importante tomar en cuenta que existen actividades operativas como el montaje de publicidad y la desinstalación de vallas que requieren de atención inmediata.

A todo lo anteriormente expuesto, se agrega la ausencia de un registro de actividades operativas debidamente organizado, actualizado y gestionado, es decir, no existe una forma limpia y auditable de contabilizar los costos operativos pues los reportes detallados solo se registran si el vehículo es subcontratado, tampoco se lleva el registro de los tiempos reales y efectivos que implican tales labores.

Además, la flota nacional de vehículos de la empresa se ha reducido a un total de 10 camiones de carga (modelos 350 y pick up) que no cubren la demanda operativa del parque, generando desatención y obligando en ciertos casos al costoso proceso de la renta de vehículos para llevar a cabo actividades prioritarias de atención técnica a las plataformas publicitarias ubicadas en todo el territorio nacional.

Por todo esto, se hace necesario modelar y generar un sistema, que permita la correlación activa entre las actividades de mantenimiento e instalación de publicidad y optimice el proceso de asignación y planificación de las rutas y actividades operativas con sus respectivos requerimientos.

1.4 Alcance

El producto esperado de esta investigación es un modelo de optimización para generar la planificación de las actividades de gestión operativa de las vallas publicitarias marca VEPACO que pertenecen a la empresa “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.” que implican la priorización de las actividades de instalación y mantenimiento de vallas.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de optimización para la gestión operativa de vallas publicitarias de la empresa “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.”

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión del estado del arte del problema de ruteo de vehículos (VRP) y sus diversas variaciones.
2. Identificar los procesos, actividades y recursos necesarios para llevar a cabo las actividades operativas en torno a las vallas publicitarias, a través de un diagnóstico situacional de la empresa “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.”.
3. Ubicar el parque de vallas publicitarias de la empresa a través del uso de Google Maps.
4. Delimitar el modelo de optimización que se ajusta mejor al caso de estudio.
5. Establecer el valor de los parámetros del modelo.
6. Desarrollar de un modelo que haga uso de la programación lineal para generar la planificación del despliegue de operaciones en torno a las vallas publicitarias marca VEPACO C.A.
7. Realizar un análisis de sensibilidad que evalúe el modelo en escenarios diferentes.

1.6 Estructura

La memoria que se presenta, está estructurada en seis capítulos: el primero de ellos (el capítulo actual) consta de una contextualización del tema fundamentado en la revisión bibliográfica pertinente para ubicar el campo de conocimientos en cuestión, una descripción concisa del problema y los objetivos que proponen la solución. En el segundo capítulo, se conceptualiza la industria publicitaria venezolana, el mantenimiento de activos y el problema de la planificación de rutas de distribución desde su versión más generalizada (VRP) hasta las variaciones más relevantes. En el tercer capítulo, se lleva a cabo una descripción general de la empresa sobre la que se está desarrollando la investigación y el diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra la organización en cuanto a gestión operativa se refiere. Seguidamente, en el cuarto capítulo se desarrolla el diseño y formulación del modelo y su interfaz gráfica dirigida a presentar organizadamente la gestión de las actividades operativas. En el quinto capítulo, se presentan los resultados obtenidos con la solución del modelo de optimización y el análisis de sensibilidad para dar validez a la propuesta y determinar las mejoras planteadas. Finalmente, en el sexto capítulo se exponen las conclusiones del estudio y las recomendaciones para trabajos posteriores.

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Capítulo 2

Marco Conceptual

El objetivo principal del marco conceptual de la investigación es ofrecer al lector una referencia acerca de los conceptos tratados en el estudio, para comprender el problema, plantear el modelo y su método de solución. Por lo tanto, en principio es importante contextualizar la industria publicitaria venezolana y el mantenimiento de activos y luego, para proponer una solución al manejo operativo de las vallas se hace una revisión de los conceptos de programación lineal y el problema generalizado de distribución de flotas o ruteo de vehículos junto con la variedad de adaptaciones que se han desarrollado. Adicionalmente, se investigó acerca de la librería GLPK y los métodos de solución que se presentan allí para los modelos de programación lineal.

2.1 Industria Publicitaria

La publicidad es una forma de comunicación persuasiva, es decir, un tipo de comunicación que busca crear o modificar actitudes hacia productos, servicios, ideas o instituciones (Galindo, 2013), sus objetivos principales se basan en primer lugar, en la cualidad informativa de la publicidad, pues de este modo, la publicidad anunciará todos aquellos aspectos del producto o servicio que pueda interesar al receptor para que adopte la decisión de adquirirlo. Y, en segundo lugar, la publicidad debe persuadir, es decir, ejercer una influencia sobre el consumidor para que realice, finalmente, la compra del producto anunciado.

Cabe destacar que la publicidad influye de manera significativa en la economía y en la sociedad, pues es un negocio de cambios que refleja los desarrollos rápidos de la tecnología y estilo de vida, en la preferencia del consumidor y en la investigación de los mercados (Segovia, 2013).

Actualmente los medios utilizados para difundir mensajes publicitarios son la televisión, la radio, los periódicos, las revistas, Internet y los carteles de gran formato en las principales vías de comunicación terrestre a los que se les conoce como **vallas publicitarias** (Divasto, 2009).

2.1.1 Publicidad Exterior

También conocida como “*Out of Home Media*” o “*Outdoor Advertising*”, es un medio altamente eficaz, productivo y rentable, con el más bajo costo posible por millar de exteriores colocados. Catalogado como un medio masivo y versátil a la vez, ideal para campañas con amplia cobertura o para cubrir mercados segmentados geográficamente a gran escala (OAAA, Inc., 2016). Un medio capaz de alcanzar al consumidor más veces, incluso mientras este se traslada al punto de venta (Ayestaran, De Abreu, & Gerrero, 2000).

Actualmente, ante la saturación creciente de los medios electrónicos e impresos y el crecimiento de las concentraciones urbanas, los consumidores continúan manteniendo algo en común: se desplazan desde su hogar para estudiar, trabajar y divertirse; esto aunado con los avances en la tecnología de computación gráfica y los nuevos sistemas de impresión, han convertido a los anuncios exteriores en una opción imprescindible.

Es por ello que la publicidad exterior es efectiva. Tarde o temprano todos tienen que verla y es por ésta razón que muchos consideran el cartel como el mayor reto creativo, un medio masivo, dado que lo que se muestra en la calle puede crear un fuerte impacto en el consumidor. Una campaña dinámica en exteriores puede ayudar a crear marcas, crear conocimiento de la existencia de un producto, promover eventos y generar respuestas, sí toma en cuenta que un arte creativo se comunica de manera directa con su audiencia y crea una impresión larga y duradera en su mente (Russell & Lane, 1994).

En el meticuloso diseño de las campañas publicitarias para exteriores uno de los factores que más determinan el valor de un anuncio es la localización que tiene, es decir, en cuál ciudad o región se encuentra y desde que calle o avenida puede apreciarse mucho mejor. Tradicionalmente los anunciantes solicitan anuncios en las avenidas más transitadas de las ciudades más pobladas sobre la teoría de que a mayor número de personas vean el anuncio existirá mayores oportunidades de ventas. Una vez en exhibición, la efectividad de una campaña (reflejada en niveles de recordación, preferencia y en última instancia en la venta del producto) depende enteramente de la calidad del mensaje que muestra, de ahí la importancia de un diseño profesional planeado para éste medio en particular.

2.1.2 Tipos de anuncios publicitarios

Es necesario saber que los anuncios publicitarios para exteriores, según Segovia (2013), se clasifican por su naturaleza en: **anuncios denominativos**, que son aquellos que se colocan en o afuera de las instalaciones de un negocio. Y, **anuncios publicitarios** que son los que se colocan en instalaciones no propias del negocio o empresa.

Así mismo, los anuncios publicitarios se clasifican según el tipo de soporte que sostiene el aviso en: Vallas, Muros, Modelos Gigantes, Transporte y Mobiliario Urbano.

a) Vallas, Carteleros o Espectaculares

Para los fines de esta investigación se entiende por **valla publicitaria** toda publicidad en forma de cartel o anuncio con estructura metálica fija, construidas sobre terrenos o azoteas con un plano vertical, con producciones pintadas o impresas en papel, autoadhesivo o no, con o sin iluminación - interna o externa, destinada a permanecer a la vista del público en ambientes exteriores para promover por medio de la publicidad el conocimiento y la venta de productos, bienes de consumo y servicios.

En Venezuela las dimensiones de las vallas no están definidas estrictamente; es decir cada empresa tiene formatos diferentes elaborados a conveniencia para satisfacer las necesidades específicas en un momento dado de un cliente en particular y las superficies de fijación de las producciones pueden variar de una valla a otra; láminas de metal, rejillas de madera o metal, fibras de vidrio, etc.

b) Muros

Son anuncios pintados o impresos que se colocan sobre paredes de edificios altos o casas que se ubiquen en las carreteras. Tienen un fuerte impacto sobre el tráfico vehicular y peatonal.

c) Modelos Gigantes

Son figuras elaboradas a gran escala para representar un producto, servicio o marca. Son diseñadas para atraer la atención en ubicaciones estratégicas.

d) Transporte

La publicidad en transportes ofrece una opción económica para llegar a un público urbano en movimiento. Son anuncios colocados en la carrocería de taxis y autobuses o en la superficie exterior de vehículos de carga.

e) Mobiliario Urbano

Esta clasificación está conformada por soportes publicitarios en terminales de transporte, centros comerciales, deportivos y de espectáculos. En general, son marcos contruidos expresamente para la exhibición de anuncios publicitarios dentro de inmuebles con un considerable tráfico de personas, colocados en paredes, pasillos, relojes, pantallas de información, etc.

2.1.3 Regulaciones

A nivel internacional, la publicidad exterior es una industria regulada a través de leyes impuestas por los gobiernos de cada país donde especifican entre otras cosas: las prohibiciones en los anuncios comerciales a exhibir, los lapsos de exhibición, el formato y tipo de publicidad exterior permitido, los impuestos que debe retornar la industria y los recursos usados que son permitidos, por ejemplo, el tipo de iluminación que tendrá el aviso.

A nivel nacional, en Venezuela “no existe un organismo de adscripción de la materia publicitaria, ni una ley específica que regule la actividad en el territorio nacional” (Morales, 2013, pág. 51); sin embargo esta referencia indica que existe una normativa abundante y variada, de aproximadamente 300 normas en materia de publicidad, entre las que resaltan:

- Ley de Responsabilidad Social en Radio, Televisión y Medios Electrónicos

- Ley Orgánica contra el Tráfico Ilícito y el Consumo de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas
- Reglamento sobre Publicidad y Propaganda Electoral
- Normas Técnicas sobre Definiciones, Tiempo y Condiciones de la Publicidad, Propaganda y Promociones en los Servicios de Radio, Televisión y Difusión por Suscripción
- Normas sobre la Publicidad realizada por las Instituciones que conforman el Sistema Bancario
- Normas para la Promoción y Publicidad de Medicamentos

Adicionalmente, a nivel regional, cada alcaldía municipal dicta sus ordenanzas en materia de publicidad comercial e industrial. Finalmente, existen regulaciones relacionadas con el ejercicio de la publicidad contenida en los Códigos de Ética de Anda-Fevap, de la Cámara Venezolana de la Radiodifusión, del Periodista Venezolano y de la Industria Venezolana de la Televisión.

Todas las leyes, reglamentos, ordenanzas y códigos de ética mencionados regulan principalmente los contenidos permitidos en las publicidades y propagandas, las prohibiciones en la distribución de anuncios en áreas urbanas, el registro para instalación de nuevos anuncios y los impuestos tributarios asociados al ejercicio.

Las empresas publicitarias por su parte, siguen un detallado proceso de revisión para lograr la adecuación de la publicidad o propaganda a los parámetros legales venezolanos establecidos en la normativa citada para las cuales existen importantes sanciones, principalmente para los anunciantes (la empresa que brinda el servicio de publicidad), en caso de incumplimiento de las referidas normativas.

2.1.4 Empresas de Publicidad Exterior.

Las empresas que ofrecen la prestación de servicios relacionados con la creación, ejecución y distribución de campañas publicitarias son conocidas como agencias de publicidad y se definen como “empresas que asesoran al anunciante, colaboran en la definición de la estrategia de comunicación, crean el mensaje, supervisan la realización y, generalmente, contratan su difusión” (Pujol, 2003, p. 9).

Adicionalmente, existen empresas que se especializan en brindar al cliente servicios de publicidad exterior y son contratadas por las agencias publicitarias para llevar a cabo las campañas que han diseñado. Según Figueroa (1999) comúnmente estas empresas relacionadas a la publicidad se encuentran seccionadas por los siguientes departamentos:

- Departamento de Cuentas: tiene la misión de planificar las acciones concretas que constituyen el servicio a prestar a cada cliente y vigilar que estas se lleven a cabo en la forma y tiempo acordado. El departamento, en sus distintos niveles, está encargado de mantener el contacto con los clientes y tenerles informados de la marcha de los trabajos y de las incidencias que puedan surgir.

- Departamento Creativo: está conformado regularmente por el personal que se encarga de producir ideas y de formalizarlas en proyectos estratégicos de publicidad por medio de la producción del material de los anuncios y de acuerdo con las instrucciones recibidas del departamento de cuentas.
- Departamento de Medios: presidido por un director de medios cuya responsabilidad está centrada en la política general de medios de una agencia y en la planificación, selección y compra de espacios en los medios masivos de comunicación.
- Departamento Administrativo: tiene las mismas características de los de otras empresas, con las particularidades de la función publicitaria. En el caso de la agencia, se concreta a las tareas de contabilidad, administración de recursos humanos, facturación y nómina.
- Departamento de Informática: tiene bajo su responsabilidad el proceso de datos y se concreta a tareas de almacenamiento y actualización estadística de las cuentas de la agencia por medio del ordenador.
- Departamento de Investigación: tiene a su cargo, además de su función básica como generadora de información, la realización de las pruebas de comportamiento del material creativo de la agencia y todos los estudios de productos y mercado aplicables.
- **Departamento de Operaciones:** tiene a su cargo la logística de todo el material producido y la obligación de asegurarse que este llegue al cliente con la calidad y oportunidad requerida.

Estos departamentos describen a grandes rasgos las distintas tareas que conforman la industria publicitaria como organización.

Específicamente la industria dedicada a brindar servicios de publicidad exterior en Venezuela inicia a mediados de los años 1920, cuando don Eduardo Cabrera García abre en Caracas el primer taller de pintura para carteles, en ese momento los carteles eran pintados a mano y se transportaban en una carretilla. Esto ha evolucionado hasta convertirse en un mercado que oferta principalmente las vallas en distintos formatos y materiales, seguido por las paradas de autobuses, las fachadas de edificios pintadas con mensajes e inclusive en autobuses.

En general, la industria publicitaria en exteriores está basada en los procesos de renta de unidades publicitarias, diseño de la publicidad que se va a exhibir, la instalación de la nueva publicidad vendida, el mantenimiento de las unidades publicitarias y la expansión de la empresa a través de la instalación de nuevas unidades publicitarias y actualización de las existentes.

Específicamente, esta investigación aborda el tema de las actividades operativas en las vallas publicitarias y profundiza en la instalación de publicidad y mantenimiento de las unidades.

Por lo tanto, primero es necesario saber que la **instalación de publicidad** en las vallas se refiere al proceso basado en colocar un sustrato², sobre una estructura de cartelera ya existente y, para cumplirse

² Sustrato se entiende como la lona o vinil producido con las especificaciones del diseño de la publicidad.

necesita seguir una serie de actividades que varían según el tipo de valla, el sustrato que se usará, el tipo de producción del sustrato y la ubicación del aviso entre otros factores (C. Hernández, comunicación personal, 09 de septiembre de 2016). Seguidamente, debe conocerse la definición del mantenimiento de un activo y sus diferentes tipos de representación para comprender las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo sobre las vallas publicitarias.

2.2 Mantenimiento

Según la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) en su norma 3049 “el mantenimiento es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (COVENIN, 1993, p. 1). La estructura y alrededores de vallas publicitarias están bajo condiciones de intemperie, por lo que requieren mantenimiento constante, el cual se define como “un conjunto de operaciones que permiten mantener en perfecto estado de conservación un material susceptible a degradarse” (Pérez, 2013, p. 19). Según Pérez (2013) existen numerosas razones sobre la importancia del mantenimiento, entre ellas:

- El mantenimiento representa entre el 15% y el 30% de los costos totales de producción (en Venezuela específicamente esta cifra se eleva a un 35%).
- Una buena planificación y gestión del mantenimiento puede reducir los costos de producción hasta un 50%.
- El costo que representa un equipo en mal estado en la cadena productiva de una organización es mucho mayor que los costos de reparación o mantenimiento preventivo del equipo.

Para entender el concepto de mantenimiento no solo es importante saber su definición formal, es necesario también conocer el concepto de **falla** como la posibilidad para que el mantenimiento en sí exista. Entonces, una falla, está definida por Torres (2008, pg. 12) como “el deterioro o desperfecto en cualquier componente de una instalación, equipo o máquina que no permita su normal funcionamiento”.

2.2.1 Tipos de Mantenimiento

Existen diferentes formas de llevar a cabo el mantenimiento de los equipos y, según Naval & Fiorucci (2016, pg. 1), el mantenimiento puede clasificarse en:

1. *Mantenimiento de Conservación*

Está destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos u otras causas. Dentro del mantenimiento de conservación se encuentran:

- 1 Mantenimiento correctivo: son todas aquellas acciones o trabajos que se ejecutan luego de haber ocurrido la falla en el activo, son situaciones de emergencia es decir prioritarias y por supuesto

generan costos altos e inesperados sin mencionar el impacto de la falla sobre el sistema productivo de la empresa.

1.1.1. Mantenimiento correctivo de emergencia: Es el que se realiza inmediatamente luego de percibir la avería y/o defecto, tiene una prioridad muy alta.

1.1.2. Mantenimiento correctivo diferido: Al momento de producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

2 Mantenimiento preventivo o programado: está destinado a garantizar la fiabilidad³ de equipos en funcionamiento, son las actividades que se planean y programan con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos de mantenimiento. El mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Este tipo de mantenimiento incluye:

1.2.1. Mantenimiento rutinario: Aquí se planifican las actividades que se llevarán a cabo sobre un horizonte de tiempo y se programa de acuerdo a revisiones, calculando el tiempo de funcionamiento, etc. Este tipo de mantenimiento permite el uso racional de los medios y la mano de obra; hay un mejor aprovechamiento del tiempo, permite llevar costeo de mantenimiento, exige mantener al día la información técnica, la máquina se mantiene en niveles aceptables de operatividad y es posible trabajar sobre la base de presupuestos de servicios.

1.2.2. Mantenimiento predictivo: Son las acciones programadas tomando en cuenta las predicciones que se establecen empleando tecnologías que evalúan la condición del equipo o de los componentes o por el uso de un histórico estadístico para extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes.

1.2.3. Mantenimiento de oportunidad: Es el que aprovecha las paradas o periodos de desuso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

1.2 Mantenimiento de Actualización

Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica, o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta, pero, en la actualidad si deben serlo (Arala & Furlanetto, 2005).

³ Entendiéndose por fiabilidad la probabilidad de que un equipo específico cumpla con su función, sin falla, durante un tiempo determinado y bajo condiciones dadas (Torres, 2008).

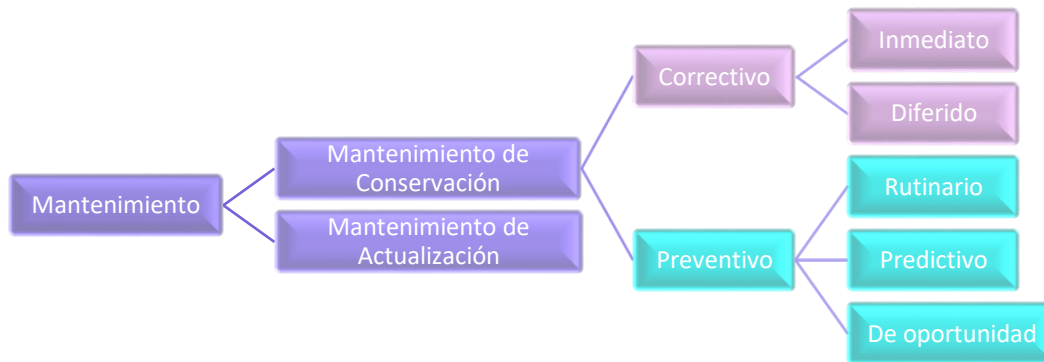


Figura 2.1: Tipos de Mantenimiento. Fuente: (Naval & Fiorucci, 2016).

Luego de entender cómo se clasifican los distintos tipos de mantenimiento, hay que considerar que en la vida real el mantenimiento no solo se trata de enfocarse en un tipo de los anteriormente descritos y aplicarlo, sino más bien es un conjunto de ellos, tomando en cuenta las necesidades propias de la organización y, de esta manera surge la gestión de mantenimiento como “todas aquellas actividades de diseño, planificación y control destinadas a minimizar todos los costos asociados al mal funcionamiento de los equipos” (Pérez, 2013, p. 23). O, dicho en otras palabras, la gestión de mantenimiento “es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento” (COVENIN, 1993, p. 1).

Posteriormente, esta gestión de mantenimiento debe ser a su vez incluida en un sistema que pueda englobar de manera general toda la planificación diseñada para el mantenimiento de una empresa que además de las actividades típicamente relacionadas con el mantenimiento incluye estudios de la posibilidad de renovación de equipos, la realización de modificaciones que ayuden a fiabilizar y flexibilizar el funcionamiento, la formación del personal tanto de producción como de mantenimiento para el desarrollo de sus funciones y el mejoramiento de su interacción. Es entonces que, un sistema típico de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada-salida donde, las entradas de dicho modelo son: equipos (buen/mal estado), la mano de obra, administración, consumibles y herramientas, y la salida es: un equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planteada (Duffuaa, Raouf, & Dixon, 2000).

2.3 Programación Lineal

La programación lineal es una de las más viejas e importantes herramientas de la investigación de operaciones. En este sentido, Hillier & Lieberman (2010), explican que la programación lineal consiste en describir un problema utilizando un modelo matemático, en donde todas las funciones del modelo deben ser funciones lineales.

La programación lineal no da espacio para que haya incertidumbre en ninguna de las relaciones; no incluye ninguna probabilidad o variable aleatoria. Por consiguiente, el problema de maximizar la función objetivo, sujeta a las distintas restricciones, es conceptualmente simple. Cuando hay sólo unas pocas variables, el sentido común y algo de aritmética pueden dar una solución. Sin embargo, como es frecuente, la intuición es poco válida cuando el problema es más complejo; ya que cuando el número de variables de decisión aumenta de tres o cuatro a cientos de miles, el problema desafía los procedimientos empíricos. La programación lineal ha hecho posible manejar de una manera ordenada, problemas con grandes cantidades de restricciones (Estrella, 2008).

Esta técnica es aplicable a una gran variedad de problemas organizacionales de los negocios modernos y puede manejarse como una rutina con la ayuda de los computadores actuales. Es una de las técnicas cuantitativas que le ha dado a la gerencia elementos eficaces para abordar un conjunto de problemas que admitían sólo soluciones parciales hasta hace pocos años.

En todo problema de programación lineal hay que tomar ciertas decisiones. Estas se representan con variables de decisión X_i . La estructura básica de un problema de este tipo es maximizar o minimizar la función objetivo, satisfaciendo al mismo tiempo un grupo de condiciones restrictivas o restricciones (Carranza, Donayre, Romero, & Tejeda, 2011).

2.3.1 Programación Lineal Entera

Conocida también como programación lineal entera (PLE), requiere que las variables de decisión (aquellas que se encuentran en la función objetivo) solo puedan tomar valores enteros (Hillier & Lieberman, 2010).

1.5.3 Programación Lineal Entera Mixta

Muchos problemas de decisión involucran no solo variables que pueden representarse por valores reales, sino decisiones de tipo discreto que están representadas de forma natural por variables enteras o binarias. Otras veces, el planteamiento del problema involucra, junto a los modelos cuantitativos, reglas o condiciones lógicas adicionales, estos problemas de optimización híbridos con variables reales y enteras se denominan de programación lineal entera mixta (PLEM) (De Prada, 2016).

1.5.4 Programación Entera Binaria

Los problemas de programación entera binaria, son los que utilizan como variables de decisión variables binarias (0 y 1), ya que la solución del problema amerita únicamente dos posibilidades que generalmente son sí y no (Hillier & Lieberman, 2010).

En la investigación actual se requiere generar la distribución de la flota de vehículos y la planificación de las actividades operativas sobre vallas publicitarias de la empresa GTM y una buena opción para lograrlo es

generar un modelo matemático utilizando la programación lineal entera mixta (PLEM). En tal sentido, este tipo de problemas de distribución de flotas es un modelo estandarizado conocido como: el Problema de Ruteo de Vehículos y es considerado uno de los problemas “más investigados y desafiantes dentro del área de la PLE” (Lüer, Benavente, Bustos, & Venegas, 2009, p. 1)

2.4 El problema del Ruteo de Vehículos

Dantzig y Ramser (1959) fueron los primeros en introducir el "problema de despacho de camiones", modelando cómo una flota homogénea de camiones podría cubrir la demanda de petróleo de una serie de estaciones de servicio desde un cubo central y con una distancia mínima recorrida. Cinco años después, Clarke y Wright (1964), generalizaron este problema a un problema de optimización lineal que se encuentra comúnmente en el campo de la logística y el transporte, es decir, la forma de servir a un conjunto de clientes, geográficamente difusa alrededor de la estación central, usando una flota de camiones con distintas capacidades.

Actualmente existe una amplia gama de literatura dedicada al estudio del problema de la planificación de las rutas de transporte conocido como “*Vehicle Routing Problem*” (VRP). Puesto que la logística de distribución de flotas vehiculares es un área de la que dependen muchas empresas en el mundo real, por lo tanto, la posibilidad de disminuir costos y mejorar la planificación es un problema muy relevante y que al mismo tiempo se hace complicado (Toth & Vigo, 2002). La búsqueda de una solución para el VRP se basa en una optimización combinatoria con un nivel de complejidad catalogado como NP-Hard, lo que quiere decir que forma parte de una familia de problemas que no pueden resolverse en un tiempo polinomial como función del tamaño de la entrada en una máquina de Turing determinista (Cook, 2000).

A grandes rasgos un VRP consiste en un conjunto dado de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, donde hay que determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema (Molina, 2013). Cabe acotar que, una de las decisiones operativas que debe tomarse frecuentemente en la gestión del transporte, es el diseño de las rutas con las cuales se atiende la demanda de los clientes finales (Riope, Langevin, & Campbell, 2005).

2.4.1 Los Clientes

Cada cliente tiene cierta demanda que debería ser satisfecha por algún vehículo. En el caso de ser una empresa de entregas el cliente demandará la entrega de un producto específico, sin embargo, también puede ocurrir que los clientes sean proveedores y su demanda consista en recoger la mercancía y transportarla hacia el depósito. También podría suceder que la mercancía debe ser transportada a los clientes, pero no esté

inicialmente en el depósito, sino distribuida en ciertos sitios proveedores. En este caso, los proveedores deben ser visitados antes que los clientes (Sandoya, 2007).

Es usual que cada cliente deba ser visitado exactamente una vez. Sin embargo, en ciertos casos se acepta que la demanda de un cliente sea satisfecha en momentos diferentes y por vehículos diferentes. Adicionalmente los clientes podrían tener restricciones relativas a su horario de servicio o en problemas con varios vehículos diferentes podría existir restricciones de compatibilidad entre estos y los clientes. En este último caso, cada cliente sólo puede ser visitado por algunos de los vehículos (por ejemplo, algunos vehículos muy pesados no pueden ingresar en ciertas localidades).

2.4.2 Los Depósitos

Tanto los vehículos como la mercancía a distribuir suelen estar ubicadas en depósitos. Usualmente se exige que cada ruta comience y finalice en un mismo depósito, aunque este podría no ser el caso en algunas aplicaciones (por ejemplo, podría ser que el viaje debiera finalizar en el domicilio del conductor del vehículo).

2.4.3 Los Vehículos

La capacidad de un vehículo podría tener varias dimensiones, como por ejemplo peso y volumen. Cuando en un mismo problema existen diferentes mercancías, los vehículos podrían tener una capacidad variable que dependa de la mercancía que lleve. En general, cada vehículo tiene asociado un costo fijo en el que se incurre al utilizarlo y un costo variable proporcional a la distancia que recorra.

Los problemas en que los atributos (capacidad, costo, etc.) son los mismos para todos los vehículos se denominan VRP de flota homogénea, y, si hay diferencias, de flota heterogénea. La cantidad de vehículos disponibles podría ser un dato de entrada o una variable de decisión. El objetivo más usual, suele ser en primer lugar utilizar la menor cantidad de vehículos y en segundo lugar minimizar la distancia recorrida (Olivera, 2004).

En general se asume que cada vehículo recorre una sola ruta en el período de planificación, pero últimamente se han estudiado modelos en los que un mismo vehículo puede recorrer más de una ruta.

Todas estas especificaciones en los clientes, depósitos y vehículos dan lugar a una amplia gama de literatura donde se les asigna un nombre específico, por lo tanto, a continuación, se exponen algunos de esos nombres que aparecen en las distintas investigaciones y su respectiva descripción.

2.4.4 Variaciones del VRP

El VRP comúnmente se define en torno a las restricciones de capacidad de los vehículos y longitud de las rutas. En los casos donde sólo las limitaciones de capacidad están presentes el problema se denota como el problema de ruteo de vehículos con capacidad fija (*“Capacity Vehicle Routing Problem”, CVRP*), esta es la versión

más elemental del VRP y es una generalización del Problema del Agente Viajero (“*Travelling Salesman Problem*”, **TSP**) muy conocido y ampliamente estudiado (Toth & Vigo, 2002).

En general, esta variación está basada en una flota fija y homogénea de vehículos que se encuentra estacionada en un almacén central para atender a la demanda de unos clientes conocidos. El CVRP consiste en el diseño de un conjunto de rutas hamiltonianas de menor coste de tal manera que cada cliente ha de ser visitado una única vez por un único vehículo y todas las rutas de los vehículos han de comenzar y finalizar en el almacén. Una solución del CVRP es una colección de rutas para un vehículo que inicia desde el depósito, sirve algunos clientes específicos, y termina nuevamente en el depósito. El objetivo en esta variante es reducir al mínimo el tiempo de viaje de todos los vehículos (Macadán, 2006).

Matemáticamente, una instancia $I = (G, C, T, D, F)$ del CVRP se puede definir dado un grafo dirigido $G = (V, E)$, donde V es el conjunto de nodos que representan las ciudades o clientes y E es el conjunto de arcos que los conectan, relacionados con la matriz de costos $C = (c_{ij})$, de tamaño $N \times N$, de modo que cada arco tiene asignado un costo c_{ij} . D es un arreglo de la forma (p_i) que especifica la información de demanda de cada cliente. F es un arreglo de la forma (P_k) que contiene los datos de capacidad máxima de los vehículos. La flota está compuesta por M vehículos, es decir, $1 \leq k \leq M$. El problema tiene el objetivo de encontrar una matriz $X = (x_{ijk})$, de tamaño $N \times N \times M$, donde las variables binarias x_{ijk} indican si el arco (i, j) se utiliza en la solución para ser visitado por el vehículo k . El problema de PLE según Daza, Montoya, & Narducci (2009) es como sigue:

$$\min \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^M c_{ij} x_{ijk} \quad (2.4.1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ijk} \quad i = 0 \quad (2.4.2)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ijk} \quad \forall i \in [1, N] \quad (2.4.3)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ijk} = \sum_{l=1}^N x_{ilk} \quad \forall k \in \{1, M\}, i = 0 \quad (2.4.4)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N p_i x_{ijk} \leq P_k \quad \forall k \in \{1, M\} \quad (2.4.5)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \begin{array}{l} \forall S \subseteq (V - \{0\}), \\ |S| \geq 2, \\ k \in \{1, M\}, \end{array} \quad (2.4.6)$$

$$\begin{aligned}
 & \forall i, j \in [1, M] \\
 x_{ijk} & \in \{0,1\} & \forall k \in \{1, M\}
 \end{aligned}
 \tag{2.4.7}$$

La función objetivo 2.4.1 corresponde al costo total de la solución. Las restricciones 2.4.2 indican que desde centro de distribución o deposito deben partir máximo M vehículos. Las restricciones 2.4.3 y 2.4.4 garantizan que uno y solo un vehículo visite y abandone cada cliente formando por cada ruta un TSP. Las ecuaciones 2.4.5 muestran restricciones de capacidad vehicular en términos de peso. Finalmente, los conjuntos de restricciones 2.4.6 y 2.4.7 establecen, respectivamente, la inexistencia de sub rutas inconexas y los valores admisibles para las variables de decisión.

Por otro lado, cuando el vehículo tiene que atender al cliente en un intervalo de tiempo definido y adicionalmente debe salir y regresar al depósito en un tiempo determinado por el horario de trabajo define una variación conocida como el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*, **VRPTW**), en este caso cuando un vehículo llega a un cliente antes del tiempo estipulado para su servicio tiene que esperar hasta el comienzo de la ventana de tiempo para servir al cliente. Por otro lado, si el vehículo no puede llegar al cliente antes de finalizar la ventana de tiempo entonces, no puede servir al cliente, en este momento, el cliente debe ser servido por otro vehículo. Para estipular el cumplimiento de la jornada laboral se define un intervalo de tiempo para salir del depósito desde la hora de inicio de la jornada laboral, y al culminar dicha jornada todos los vehículos deben retornar. El VRPTW tiene dos objetivos: el fin principal es reducir al mínimo el número de las rutas de vehículos y el secundario es minimizar el tiempo total de desplazamiento con el mismo número de rutas. Otra característica de esta variación es que en la literatura se hace una distinción entre las ventanas de tiempo duras y suaves. En el caso de ventanas de tiempo duras, si un vehículo llega demasiado temprano a realizar la entrega, se le permite esperar al cliente hasta que el vehículo esté listo para ser atendido, aunque no se permite llegar más tarde del horario que puede ser atendido. Para el caso de ventanas de tiempo suaves, los horarios de los clientes pueden ser violados en contraprestación de una penalización en la función objetivo (Yepes & Medina, 2002).

Para el caso del VRPTW con una flota homogénea y restricciones duras, tomando en cuenta la formulación del caso anterior, el modelo matemático presenta una serie de modificaciones pertinentes que según Olivera (2004) radican en:

- Cada nodo del conjunto V , que pertenece al grafo G , tiene asociada una ventana de tiempo $[e_i; l_i]$ que establece el horario de servicio permitido para que un vehículo visite al nodo i .
- Se agrega un nuevo parámetro que representa el tiempo de servicio de nodo i (S_i).
- Se adicionan un conjunto de variables que representan el comienzo del tiempo de servicio del nodo i cuando es visitado por el vehículo k (Y_{ik}).

Todo lo anterior se refleja en las siguientes restricciones características de esta variación:

$$Y_{ik} + s_i + t_{ij} - M * (1 - X_{ijk}) \leq Y_{jk} \quad \forall i, j \in [1, M], \forall k \in \{1, M\} \quad (2.4.8)$$

$$e_i \leq Y_{ik} \leq l_i \quad \forall i, j \in [1, M], \forall k \in \{1, M\} \quad (2.4.9)$$

Donde las restricciones 2.4.8 aseguran que cuando un vehículo k viaja desde el nodo i a j , este último nodo no puede ser visitado antes que la sumatoria del comienzo del tiempo de servicio al nodo i (Y_{ik}), más el tiempo que tardará el vehículo k en atender al nodo i (s_i), más el tiempo de viaje entre el nodo i y j (t_{ij}), tomando en cuenta que M es una constante arbitrariamente grande que se usa como truco matemático para linealizar la restricción. Adicionalmente, las restricciones 2.4.9 se encargan de hacer cumplir las ventanas de tiempo.

En cuanto a aquellas empresas que para distribuir sus productos utilizan una flota de vehículos subcontratados bien sea por ser su única opción de entrega o porque los vehículos disponibles no son suficientes para satisfacer la demanda de los clientes, la variante que les corresponde se denomina VRP abierto (*“Open Vehicle Routing Problem”*, **OVRP**) o si tienen restricciones con ventanas de tiempo (*“Open Vehicle Routing Time Windows”*, **OVRTW**), aquí los vehículos no están obligados a volver al depósito central después de visitar el último cliente. Tiene dos objetivos de optimización: minimizar el número de vehículos utilizados y (dado este número de vehículos) reducir al mínimo la distancia total (o, a veces el tiempo) recorrida (Repoussis, Tarantilis, Bräysy, & Ioannou, 2010). La solución de un OVRP indica la cantidad de vehículos que se necesitan para cubrir la demanda. Además, el OVRP podría ser utilizado en caso de ruteo con recogida y entrega, pues luego de la entrega de mercancías a los clientes, los vehículos pueden recoger las mercancías de los mismos clientes, pero en orden inverso. Según una investigación realizada por De Jaegere et al. (2013), luego de una revisión exhaustiva de artículos determino que la mayoría de investigaciones referentes a OVRP proponen métodos de solución al problema basados en heurísticas y meta-heurísticas. Una última variable dentro de este tópico es el modelo propuesto para resolver el problema con flotas internas y externas subcontratadas que puede considerarse como una variante mixta del VRP y el OVRP, un mixto Cerrado y Abierto VRP (*“Close-Open Vehicle Routing Problem”*, **COVRP**) (Bolaños, 2014).

En tal sentido, Brito, Espósito y Moreno (2016) plantearon un problema de ruteo de vehículos abierto-cerrado con ventanas de tiempo (*“Close-Open Vehicle Routing Problem with Time Windows”*, **COVRPTW**), donde la diferencia principal en la formulación matemática de este tipo de problemas, se basa en:

- El conjunto de vehículos $k = [1, M]$, ahora tiene una cantidad de “ p ” primeros subíndices que pertenecen a la flota de vehículos propios y el resto de ellos pertenecen a los vehículos sub contratados
- Las restricciones 2.4.10 obligan a todos los vehículos a dejar el depósito, mientras que en las restricciones 2.4.11 se obliga a retornar al depósito de distribución solo a los vehículos propios.

$$\sum_{j=1}^N X_{0jk} = 1 \quad \forall k \in \{1, M\} \quad (2.4.10)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{i0k} = 1 \quad \forall k \in \{1, p\} \quad (2.4.11)$$

Por otra parte, cuando se buscan soluciones óptimas de ruteo considerando dos o más objetivos que se deben satisfacer, entonces no existe un único criterio medible por el cual pueda declararse que una solución sea completamente satisfactoria. Dicho de otra forma, este tipo de problemas contiene múltiples criterios que han de satisfacerse o que han de ser tenidos en cuenta. A menudo dichos criterios entran en conflicto unos con otros y no existe una única solución que simultáneamente satisfaga a todos. Por tanto, la solución que se pretenda obtener debe estar en concordancia con las preferencias del decisor y este tipo de problemas es considerado como “**VRP Multiobjetivo**” (Lenstra & Rinnooy Kan, 1981).

En realidad, las variaciones del VRP que se han expuesto anteriormente sólo son parte de la gran diversidad de problemas de este tipo que pueden encontrarse en la práctica. Sin embargo, el problema de ruteo no radica en la variedad, sino más bien en la complejidad para obtener una solución, ya que está comprobado que un aumento del número de clientes a atender, incrementa el número de posibles soluciones o conjunto de rutas a una tasa mucho mayor.

Por este motivo, el coordinador de la flota debe estar consciente de que existe una gran cantidad de soluciones que pueden ser evaluadas antes de encontrar la mejor, y que esto, sólo puede lograrse con la utilización de técnicas avanzadas de modelación y nuevas herramientas de procesamiento, hoy en día gracias al avance en los nuevos paquetes de procesamiento de modelos matemáticos, si el problema VRP que se ha modelado tiene un número considerable de variables puede resolverse con técnicas clásicas de programación lineal entera (PLE), conocidas como métodos exactos (Revista Logística, 2016).

2.5 GLPK

GLPK es el acrónimo de “*GNU Linear Programming Kit*” y es un paquete de software que contiene un conjunto de rutinas escritas en lenguaje ANSI C, creado con el fin de brindar al usuario una serie de herramientas que le permitan resolver problemas de programación lineal (PL) a gran escala, programación lineal entera mixta (PLEM) y otros problemas relacionados. Para lograr el mejor acople entre los modelos planteados y el lenguaje de programación, la librería se soporta en el lenguaje de modelado *GNU MathProg*⁴.

Es importante mencionar que en el lenguaje *GNU MathProg* la descripción del modelo consta de dos partes: la sección del modelo y la sección de los datos. La sección del modelo es el componente principal de la descripción del modelo y contiene la declaración de objetos. Mientras que la sección de los datos es una

⁴ GNU MathProg es un lenguaje de modelado destinado a describir matemáticamente los modelos de programación lineal. Las descripciones de modelos escritas en el lenguaje GNU MathProg consisten en un conjunto de instrucciones y bloques de datos contruidos por el usuario (GNU MathProg, 2017).

parte opcional de la descripción del modelo y contiene los datos específicos para una instancia particular del problema y dependiendo de lo que sea más conveniente, las secciones del modelo y de los datos pueden disponerse en el mismo archivo o en dos archivos separados. Esta última característica permite tener un número arbitrario de secciones de datos diferentes para ser usadas con la misma sección del modelo (Makhorin, 2015, p. 1).

En tal sentido, luego que el modelo está debidamente escrito en *GNU MathProg*, la librería usa un proceso que se denomina “traducción”, donde un programa denominado “traductor del modelo” analiza la descripción del modelo y la traduce en una estructura interna de datos que puede ser usada tanto para generar una instancia de un problema de programación matemática, como para obtener directamente una solución numérica del problema mediante un programa denominado “*solver*” (Bruno, 2012).

Cabe destacar que, si sólo se necesita resolver una determinada instancia de PL o PLEM, puede escribirse en formato MPS⁵ o CPLEX LP⁶ y luego usar el “*solver*” independiente que ofrece GLPK para obtener una solución, dado que programar en C/C++ una instancia completa del problema usando las API (*Application program interface*) rutinas que ofrece GLPK es un proceso más lento y engorroso.

Adicionalmente, es necesario mencionar que la librería resuelve los problemas de PL y PLEM a través del uso de los métodos exactos: algoritmo simplex revisado, método del punto interior primal-dual y algoritmo de “*branch-and-cut*” específicamente para las instancias de PLEM.

Por último, para lograr las metas planteadas en la investigación se utiliza la herramienta GLPK mediante el lenguaje de programación C++ a través de un editor de texto donde se evoca al archivo que contiene la descripción del modelo (Modelo.mod) y de acuerdo a una serie de especificaciones se generan dinámicamente los datos que serán pasados a dicho modelo (Modelo.dat).

2.6 Branch-and-Cut

Específicamente las instancias de PLE y PLEM son resueltas con el uso de un algoritmo basado en el método de optimización “*branch-and-cut*”⁸, que es un híbrido entre dos técnicas: “*branch-and-bound*” y “*cutting plane*”. Para llevar a cabo el método de optimización se supone que la instancia de PE o PEM es un problema de maximización, para esto GLPK usa un sub programa conocido como “*MIP presolve*” (Makhorin, 2016), donde transforma el problema introducido en una instancia que pueda ser resuelta por el método de *branch-and-cut*.

⁵ Para más información del formato MPS referirse a la documentación adjunta a la librería GLPK específicamente al Apéndice B, página 148 (Makhorin, 2016)

⁶ Si se requiere más información del formato CPLEX LP referirse al Apéndice C, página 158 de Makhorin (2016).

⁷ “*lp_solve*” es una aplicación libre que resuelve instancias de programación lineal (entera) basado en el método simplex revisado y en ramificación y acotación para variables enteras (Investigación Operativa, 2010).

⁸ Para mayor información del algoritmo de *branch-and-cut* usado por GLPK puede referirse a las páginas 120-123 en Makhorin (2016).

El método resuelve el problema lineal sin la restricción entera usando el algoritmo simplex regular. Cuando se obtiene una solución óptima, y esta solución tiene un valor no entero para una variable que se supone que es entera, se puede usar un algoritmo de *cutting plane* o planos de corte para encontrar restricciones lineales adicionales que son satisfechas por todos los puntos enteros factibles pero violadas por la solución fraccional actual. Estas desigualdades pueden añadirse al programa lineal, de tal manera que resolverlo producirá una solución diferente que se espera sea "menos fraccionada".

En este punto del algoritmo se inicia el método de *branch-and-bound*. El problema se divide en versiones múltiples (normalmente dos). Los nuevos programas lineales se resuelven mediante el método simplex y el proceso se repite. Durante la ramificación y el proceso unido, las soluciones no integrales a las relajaciones de la programación lineal (o linear programming, LP) sirven como límites superiores y las soluciones integrales sirven como límites inferiores. Un nodo puede ser podado si un límite superior es menor que un límite inferior existente (John, 2002). Además, cuando se resuelven las relajaciones LP, se pueden generar planos de corte adicionales, que pueden ser cortes globales, es decir, válidos para todas las soluciones enteras viables, o cortes locales, lo que significa que están satisfechas por todas las soluciones que cumplen las restricciones laterales del subárbol actual considerado en *branch-and-bound*.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 3

Grupo Trust Mediático 2014 C.A.

La información que refleja este capítulo está orientada a contextualizar y analizar el problema que se presenta en la gestión operativa de vallas en la empresa publicitaria “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.”. Para lo cual, se realizó una revisión exhaustiva a la página Web de la organización y se recabó la información in situ a través de una serie de entrevistas al personal de la empresa para caracterizar la estructura organizacional en torno a la gestión operativa de las vallas publicitarias y, se participó en las actividades diarias de la empresa durante un lapso de 66 días hábiles equivalentes a 528 horas laborales (comprendido entre el 01 de agosto al 31 de octubre de 2016).

Finalmente, para concretar los conocimientos adquiridos se realizaron los diagramas correspondientes a aquellos procesos involucrados en la instalación de publicidad y mantenimiento de las vallas.

3.1 Descripción General

En Venezuela, la primera compañía dedicada a la publicidad exterior se conocía bajo el nombre de Agencia Nacional de Anuncios y luego para el año 1930 pasa a ser “*Venezuelan Publishing Advertising Company*” e inicia su consolidación como uno de los medios preferidos por los anunciantes para dar a conocer sus productos o servicios, tendencia que se mantuvo con el tiempo hasta que en el año 1950, tomando como referencia su nombre anterior, se decidió establecer el acrónimo del nombre comercial de Publicidad VEPACO, C.A. y comenzó sus actividades compuesto por diecisiete (17) compañías especializadas en la explotación de las actividades de publicidad exterior en Venezuela y cinco (5) compañías de bienes raíces, propietarios de las construcciones y de los terrenos en donde se establecieron algunas de las operaciones del grupo.

Las actividades de Publicidad Vepaco C.A, se extendieron a lo largo del territorio nacional, al tener sucursales en las principales ciudades de Venezuela con mayor desarrollo comercial como: Maracaibo, Barquisimeto, Valencia, Puerto la Cruz y San Cristóbal. Durante 1976, estas sucursales fueron convertidas en compañías autónomas, permitiéndole a los gerentes de cada zona tener una participación accionaría, de hasta un 10%.

Esta evolución organizativa mantuvo la compañía en la constante búsqueda de un nivel superior, fomentando la integración, participación e identificación entre sus empleados. Las compañías filiales desarrollaban en sus talleres cualquier otra actividad productiva para mantenerse competitivas en el mercado y fueron dotadas para fabricar avisos luminosos, plásticos, de neón, metálicos, y calcomanías, entre otros;

finalmente, la corporación construyó el mayor parque de estructuras publicitarias en Venezuela, correspondiente a más de 8700 unidades en todo el territorio nacional.

Sin embargo, el 27 de abril de 1998, VEPACO fue vendida al grupo Imagen cuyo propietario Fernando Fray Trapote y, por descuidos en la gestión operativa generó progresivamente, quebrantos en el estado físico de las plataformas publicitarias a cargo de la empresa, un aumento en los costos de mantenimiento y en general un desbalance en la gestión tanto administrativa como operativa de la empresa.

Recientemente, el 01 de septiembre de 2014 la corporación dedicada a la comunicación, publicidad y marketing “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.” (**GTM**) adquirió las vallas publicitarias marca VEPACO y desde entonces busca posicionamiento y relevancia en el ambiente publicitario como una empresa altamente competitiva que cumpla con las necesidades de sus clientes, teniendo como principal motivación construirse sobre una base sólida donde se conozca el flujo operacional de las actividades a realizar a través de un proceso limpio y auditable, en torno al fomento de una cultura de identificación y compromiso en los trabajadores.

3.1.1 Misión

“Generar y crear soluciones integrales en Comunicación, Publicidad y Marketing; para lograr nuestro objetivo nos adecuamos a las necesidades del cliente y de esta manera logramos el éxito en cada trabajo que desarrollamos con el profesionalismo y seriedad precisa en el uso de nuestros materiales” (Grupo Trust Mediático, 2016, p. 1).

3.1.2 Visión

“Ser la empresa líder en la prestación de servicios y soluciones integrales en comunicación a nivel regional, siempre cumpliendo con los más altos estándares de calidad. Contamos con un conocimiento amplio del entorno empresarial aplicándolo en el desarrollo y crecimiento de la región” (Grupo Trust Mediático, 2016, p. 1).

En síntesis, GTM es un corporativo compuesto por una serie de empresas donde la mayoría de ellas está dedicada a la publicidad en diferentes medios, estas empresas son:

- TVEPACO – VALLAS VEPACO
- PATRIACELL
- VALBUENA & MAKAREM Y NAORINC
- ACADEMIA AMERICANA
- MISS GLOBE VENEZUELA
- TVO
- CATATUMBO TV

- Nivel 94.3 FM Maturín, Nivel 102.3 FM Puerto La Cruz

3.2 Vallas Vepaco

Vallas Vepaco es una marca de vallas publicitarias que pertenece al corporativo GTM y es gestionada a través de una estructura jerárquica centralizada, conformada inicialmente por la Presidencia, seguida de la Tesorería y Asesoría legal y luego la Gerencia General que preside una unidad central de control (UCC) de la que dependen una serie de unidades operativas (UOP), la UCC está integrada por la Gerencia Nacional de Administración, la Gerencia Nacional de Sitios y Permisología, la Gerencia Nacional de Ventas, el jefe nacional de reservas, el jefe nacional de administración de sitios y el jefe de soporte técnico. Luego se ubican las UOP, que son siete sucursales operativas agrupadas en cuatro regiones y en cada una de ellas, una oficina encargada operativamente de las vallas publicitarias que se encuentran en su circuito correspondiente.

A continuación, se muestra la estructura organizacional de la empresa en la figura 3.1, luego en la figura 3.2 se observa las sucursales con sus códigos y su respectiva agrupación según las regiones. Cada central operativa tiene una estructura organizacional jerárquica que está conformada por el Gerente de la unidad operativa que precede a la Coordinación de Administración, la Coordinación de Operaciones, la Coordinación de Sitios y Permisología y la Coordinación de ventas.

3.2.1 Objetivo Táctico

El funcionamiento de la marca “Vallas Vepaco” radica en la renta de vallas publicitarias, la producción e instalación de los sustratos publicitarios y el mantenimiento de su parque de estructuras. Según el Gerente General de Vallas Vepaco, el corporativo tiene como objetivo táctico primordial gestionar satisfactoriamente el parque de vallas que actualmente posee, tomando en cuenta la mejor relación precio-calidad y aumentando así la probabilidad de ventas (R. Labrador, comunicación personal, 18 de septiembre de 2016).

3.2.2 Región Modelo

Las vallas Vepaco son gestionadas a través de siete sucursales operativas divididas en cuatro regiones como se comentó anteriormente en la figura 3.2, sin embargo, para el caso de esta investigación fue necesario tomar específicamente una región como caso de estudio, para satisfacer una necesidad táctica de la compañía GMT.

En tal sentido, al modelar la región con mayor influencia en el mercado nacional y con el fin de comprender con mayor amplitud la complejidad del sistema y plantear un modelo acorde se procedió a

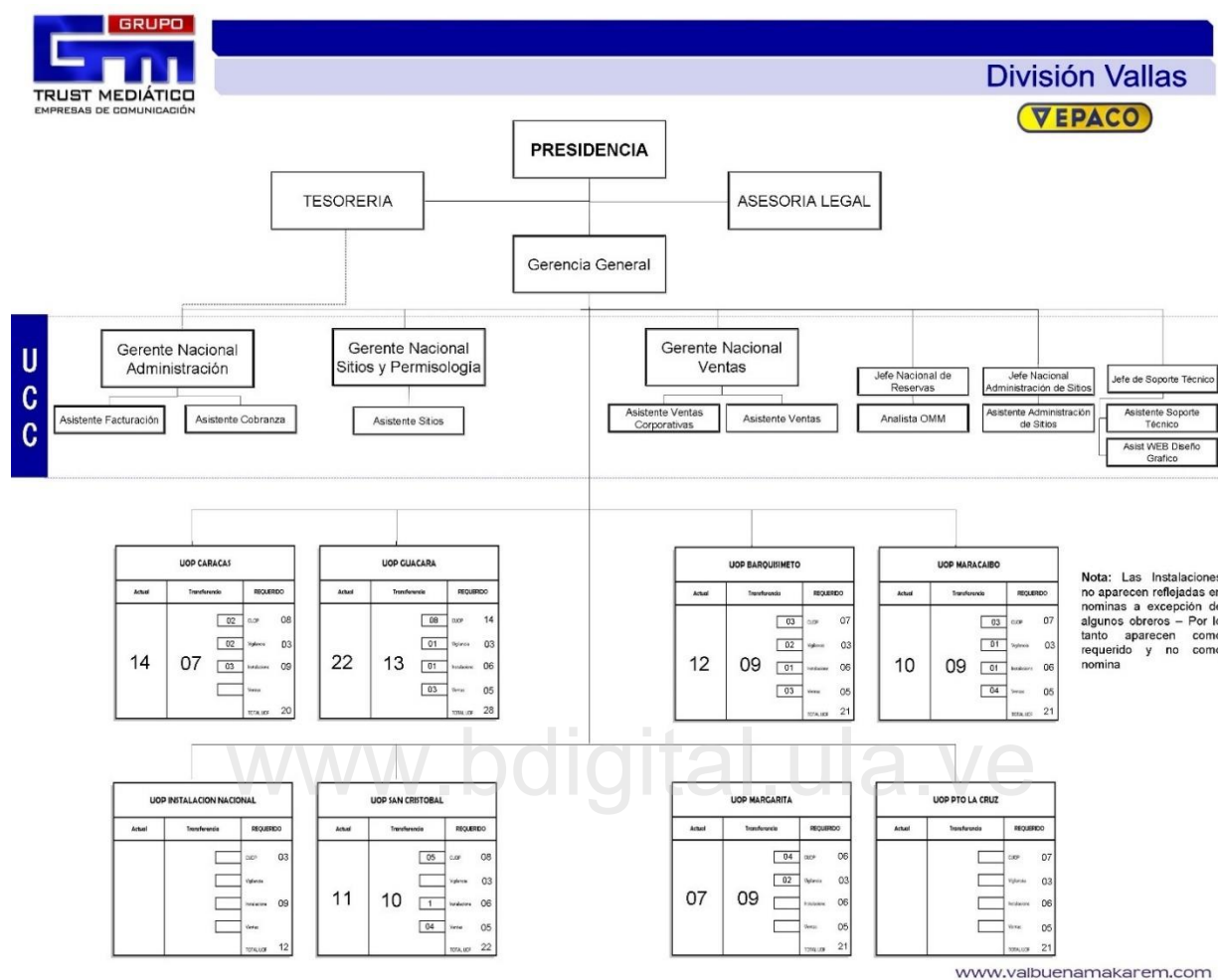


Figura 3.1: Organigrama de Vallas Vepaco. Fuente: Grupo Trust Mediático, (2016).

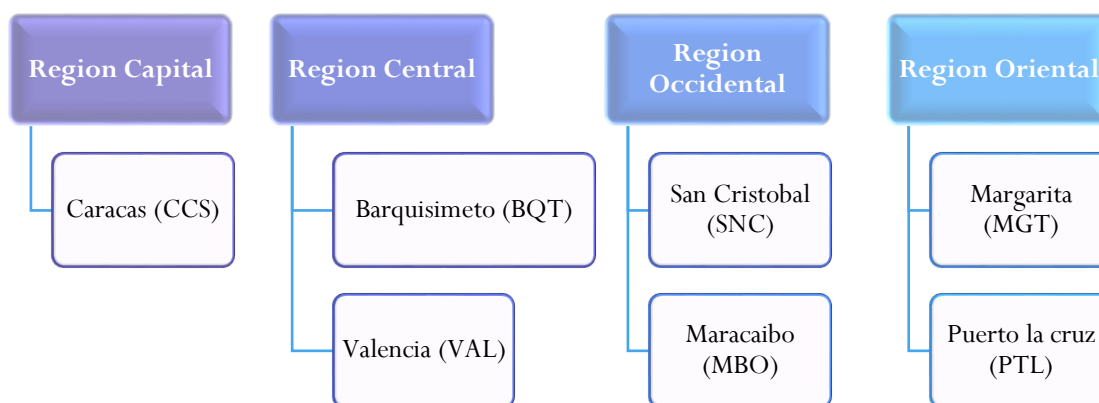


Figura 3.2: Regiones Operativas de GTM. Fuente: Elaboración Propia

seleccionar intencionalmente⁹ la región modelo. Según el Administrador General de la empresa, la Región Capital, conformada por la sucursal operativa de Caracas, aporta un aproximado de 40% en los ingresos por ventas nacionales lo que la posiciona como la región que actualmente tiene el manejo operativo más amplio y táctico en el país con un parque de unidades de aproximadamente 713 vallas operativas, es decir, un 24% del parque de vallas total de la empresa (E. Vitalli, comunicación personal, 23 de septiembre de 2016).

Región Central

La región central está compuesta por una unidad operativa ubicada en la ciudad de Caracas (CCS):

- Su infraestructura operativa básicamente radica en un depósito ubicado en la zona de Mariches (figura 3.3).
- La flota de vehículos con la que se cuenta actualmente en depósito está conformada por un Camión Chevrolet NPR con una capacidad de Carga: 5295 kg (figura 3.4).
- En el depósito hay un área de producción de sustratos, otra para almacenar material y un estacionamiento de vehículos.
- La plantilla laboral está integrada por cuatro (4) personas encargadas de la producción de los sustratos y cuatro (4) obreros de cuadrilla, un (1) Gerente de Operaciones de la sucursal y un (1) encargado nacional de Sitios y Permisología.



Figura 3.3: Ubicación del Depósito de la sucursal de Caracas. Fuente: Google Maps. Coordenadas específicas: 10.49206, -66.78868.

⁹ Entendiendo que el muestreo intencional "...trata de un proceso en el que el investigador selecciona directa e intencionadamente los individuos de la población. El caso más frecuente de este procedimiento el utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso" (Atagua, y otros, 2016, pág. 1).



Figura 3.4: Vehículo del Depósito de la sucursal de Caracas. Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Productos

GTM es una filial de empresas dedicadas a brindar soluciones integrales en el área publicitaria y para el caso específico de la publicidad exterior la empresa ofrece como productos la renta de:

- Especiales menores (pendones en banner, letras corpóreas, pendón de fibra de carbono, porta pendón de fibra, muppe vertical, vinil autoadhesivo, cajas de luz, bastidores modulares).
- Paradas de Autobuses.
- Vallas Publicitarias.

Para efectos de esta investigación se tomó concretamente las **vallas publicitarias**, por ser consideradas por el Corporativo como el producto de mayor venta y rentabilidad.

3.2.4 Componentes de las Vallas Publicitarias Vepaco

En general, el parque de vallas publicitarias Vepaco está compuesto por una variedad de estructuras metálicas que sostienen una o varias carteleras, entendiendo la cartelera como el sitio donde se exhibe la publicidad y el contorno definido como la locación de aproximadamente 10 m² que contiene a la valla. Cada valla publicitaria posee una estructura, una cartelera y un contorno que naturalmente varían para cada caso, estos tres aspectos están subdivididos a su vez en una serie de componentes descritos a continuación y que pueden observarse en las figuras 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8.

- **Cartelera:** Es el espacio donde se rotula la publicidad o mensaje que se quiere transmitir a la audiencia.
- **Correa:** (o tirante) vigueta plana en forma de "L" que se apoya mediante ganchos a cada una de las vigas verticales de la valla publicitaria y que sirve de guía y apoyo a los paneles.
- **Marco:** elemento decorativo de madera, hierro o aluminio que rodea a todos los paneles enmarcando el mensaje publicitario. Se utiliza para realzar la estética de las vallas publicitarias y puede pintarse del color que se desee.

- **Sello:** dícese de todo elemento que se desmarca de la valla de publicidad tradicional pero que va anclada y forma parte del mensaje central publicitario. Puede estar sobre una base anexa de medidas estándar o bases hechas a medida que se integran dentro del mensaje (se pueden hacer formas redondeadas, rectangulares o imitar incluso la forma de un logotipo).
- **Base:** son un conjunto de placas de hierro moldeadas y pintadas para dar una imagen profesional a la valla, en este caso, este tipo de bases blancas son características de las vallas Vepaco.
- **Vientos:** son vigas perpendiculares, a una inclinación de 45°, ancladas sobre las vigas verticales principales con el fin de sujetar y apuntalar la valla publicitaria para que, en caso de viento, ésta no ceda y pueda caerse. Suelen montarse en zonas donde las inclemencias del tiempo (sobre todo del viento) son más acentuadas. Muchas veces, cuando las medidas de la valla exceden los 10,40 x 3 mts suelen ponerse como medida de prevención, ya que, si la valla cayera, la inversión de una obra de esta magnitud no habría servido para nada; además del costo que significa desmontar todo el material (normalmente inservible), volver a montar otra estructura y el peligro que representa la caída de una estructura en zonas transitadas.
- **Torres T-25:** son torres de construcción formadas con tubos, con una conformación característica y se juntan para construir distintos tipos de estructuras publicitarias.
- **Crucetas:** Son las cruces de tubo que unen las torres T-25.
- **Tornillería:** conjunto de tornillos que ayudan a sujetar las chapas entre sí.
- **Salientes:** estructuras adicionales y adjuntas a la valla publicitaria.



Figura 3.5: Componentes de una valla Vepaco, Parte 1. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3.6: Componentes de una valla Vepaco, Parte 2. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3.7: Componentes de una valla Vepaco, Parte 3. Fuente: Elaboración Propia.

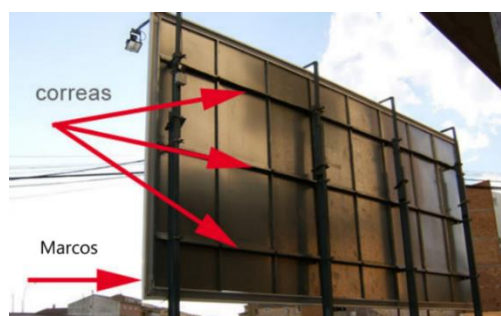


Figura 3.8: Componentes de una valla Vepaco, Parte 4. Fuente: Elaboración Propia.

Los principales elementos de una valla publicitaria son los que, en su totalidad, permiten instalar la cartelera publicitaria y formar en conjunto la estructura que se necesita para gestionar la publicidad exterior ofertada de forma exitosa.

3.2.5 Tipos de Vallas Vepaco

Las vallas Vepaco (según R. Labrador, comunicación personal, 08 de agosto de 2016) están clasificadas por sus dimensiones estructurales en tres categorías principales:

- Las llamadas unidades de impacto, son aquellas vallas publicitarias de mayor tamaño, incluyen las denominadas Dobles, Espectaculares, Rejillas y Gigantes (**DERG**), son ideales para el *branding*¹⁰, anunciar eventos, películas, campañas políticas y en general el lanzamiento de nuevos productos. Sus dimensiones fluctúan entre los 4,55 x 12 m (DERG Vertical Unipol) hasta las espectaculares con dimensiones de 140 x 9 m. Las DERG tienen estructuras superiores a los 50 m² y según sus dimensiones específicas se clasifican como se muestra en la tabla A.1.
- Las **Estándar** (o también llamadas *Standard*) unidades con formato construido a base de paneles tanto para ficheras como para avisos pintados. El tamaño estándar es ideal para cualquier tipo de campaña publicitarias (multimedios, política, promoción de eventos, publicitar datos de ubicación de una tienda, campañas sectorizadas, entre otras). Son desplegados grandes, ubicados en zonas de mucho tránsito y mayormente tiene alumbrado especial. Sus dimensiones oscilan entre 2,69 x 6.05 m hasta los 8,65 x 3,55 m, son vallas que tienen una estructura mayor a los 18 m² y menor que 50 m² y según sus dimensiones específicas están clasificadas como se muestra en la tabla A.2.
- Los **Junior**, son los anuncios de menor tamaño, ideales para reformar mensajes en formatos mayores y cubrir áreas peatonales o de tráfico pesado. Estos avisos son colocados en locales pequeños, y a la vez ofrecen mayor visibilidad de la publicidad y un buen impacto a costo razonable. Por otra parte, los reglamentos de zonificación son más favorables para estos formatos de vallas, porque son más pequeños, ya que pueden usarse con gran eficiencia de costos para llegar a diversos públicos. En el caso de este tipo de estructuras, las ventas aumentan cuando los productos son anunciados cerca del punto de venta. Sus dimensiones oscilan entre 2,98 m x 3,03 m (novel) hasta 4 m x 4 m, es decir, todas aquellas vallas que su estructura es menor a 18 m² y están clasificadas específicamente como se muestra en la tabla A.3.

¹⁰ *Branding* es un anglicismo empleado en mercadotecnia que hace referencia al proceso de hacer y construir una marca (en inglés, *brand equity*) mediante la administración estratégica del conjunto total de activos vinculados en forma directa o indirecta al nombre y/o símbolo (logotipo) que identifican a la marca influyendo en el valor de la marca, tanto para el cliente como para la empresa propietaria de la marca (Gaitán, 2007).

Actualmente, el parque de vallas se conforma en estos tres tipos principales de unidades publicitarias descritos anteriormente, sin embargo, estos tres grupos se subdividen luego en veintisiete categorías en total que especifican las medidas de cada tipo de unidad. La cantidad de vallas que posee la empresa se conforma aproximadamente por 8760 unidades ubicadas en todo el país, de las cuales:

- 2944 son vallas activas (33,6%).
- 2364 son unidades retiradas, es decir, vallas que fueron desmontadas, robadas, destruidas o reubicadas (27%).
- 3452 son vallas no disponibles, es decir, avisos que están montados, pero no se puede tener acceso a ellos (39,4%).

Las vallas activas están distribuidas en las diferentes sucursales como se describe en la tabla 3.1 y según las cifras, la unidad operativa que gestiona mayor cantidad de vallas a nivel nacional está ubicada en Caracas, adicionalmente es allí donde se ubica las oficinas de la unidad central de control.

<i>Sucursales</i>	<i>DERG</i>	<i>Junior</i>	<i>Estándar</i>	<i>Total</i>
<i>BQT</i>	56	240	167	463
<i>CCS</i>	243	111	360	713
<i>MBO</i>	52	187	138	377
<i>MGT</i>	26	189	94	309
<i>PTL</i>	22	9	81	112
<i>SNC</i>	50	217	204	471
<i>VAL</i>	72	190	237	499
<i>Total general</i>	593	907	1431	2944

Tabla 3.1: Vallas gestionadas por las sucursales. Fuente: Elaboración Propia

Al comprender a grandes rasgos el funcionamiento de la marca Vallas Vepaco, es necesario mencionar que para controlar y apoyar la ejecución de los procesos administrativos, relacionados con el registro de ventas, GTM hace uso de un software que le permite ingresar la información de las vallas en una base de datos y gestionarlas desde allí, sin embargo, a pesar de ser un programa pensado para gestionar operativamente empresas de publicidad exterior, su funcionalidad no se ha logrado compenetrar exitosamente con la empresa, adicionalmente necesita una gran cantidad de operarios destinados a vaciar la información del sistema real en sus bases de datos y dada la situación actual, GTM no está en condiciones de disponer de todos los analistas necesarios.

3.3 Software OMM™

Actualmente, GTM usa un software encargado de brindar asistencia a la gestión administrativa y operativa de los productos publicitarios que oferta, este programa es conocido con el acrónimo OMM (Out-of-home

Media Manager TM, podría traducirse como: Manejador de medios de publicidad exterior) y pertenece a la empresa Key Systems quienes se encargan de brindar una serie de productos destinados a ser soluciones integradas de software diseñados específicamente para la industria de publicidad exterior (Key Systems, 2016).

OMM está diseñado para ejecutarse en el sistema operativo Windows de Microsoft, programado en Visual Basic para Windows y utiliza SQL 2005 como su manejador de bases de datos. Las herramientas de exportación de información están diseñadas para trabajar con los componentes de Microsoft Office: Excel, Access, PowerPoint y Word.

OMMTM maneja dos tipos de operaciones: las relacionadas con las pegadas (o instalación de publicidad) y las relacionadas con el mantenimiento de vallas, estructuras y sitios. Las operaciones de pegadas son consecuencia de los cambios de diseño integrados al módulo de ventas, estos cambios se refieren al registro de los nuevos diseños publicitarios que serán exhibidos en las vallas y la lista de instalaciones pendientes puede visualizarse desde el software, aunque no se usa. Por otra parte, las operaciones de mantenimiento son manejadas por medio del módulo “Mantenimiento de Planta” (MDP), el cual se puede adquirir opcionalmente, sin embargo, nunca se ha utilizado el modulo pues tiene un alto costo y no brinda una gestión de operaciones adecuada a las actividades laborales. Con el Módulo MDP se administran operaciones como poda, conversión de formato, reubicación, limpieza, pintura y otros.

Sí OMM estuviera encargado de las operaciones lo haría en módulos independientes, pues planifica las actividades de mantenimiento e instalación de igual forma, aunque no conjuntamente. El procedimiento se basa en introducir primero las actividades en una lista de tareas a las que se les asigna una fecha, luego se organizan según la fecha y se imprime un reporte de actividades pendientes, consecutivamente se lleva a cabo la ejecución de las actividades por parte del personal de operaciones que labora en la empresa y finalmente se retroalimenta el sistema ingresando los detalles de la planificación, donde se especifican problemas imprevistos y actividades no cumplidas para dar inicio nuevamente a la programación de actividades.

Adicionalmente, ninguno de los módulos que posee OMM está encargado de asistir la asignación de rutas operativas para llevar a cabo las actividades planteadas. En vez de eso, según la planificación de actividades, el reporte le indica al personal que valla debe visitar y según la definición de una serie de rutas críticas con segmentos también le indica en que ruta y segmento específico está ubicada la valla (en el caso que estas rutas estuviesen definidas), pero esto se vuelve lento al momento de hacer el recorrido pues no asigna las actividades por estar ubicadas en la misma ruta por lo que puede en un día de trabajo haber planeado visitar cuatro rutas criticas distintas y muy separadas entre sí, lo que haría imposible la ejecución de las actividades, adicionalmente la ubicación de las vallas publicitarias actualmente no está en el OMM, es decir, existe el campo en la base de datos para indicar la latitud y longitud pero no tiene la información requerida, cuestión que en resumidas cuentas imposibilita el uso del módulo de mantenimiento.

Según el representante oficial de Key Systems en Latinoamérica, OMM no posee ningún tipo de inteligencia dedicada a asistir el proceso de mantenimiento e instalación de vallas y actualmente la empresa utiliza el software únicamente para registrar los contratos y monitorear fechas de pago y vencimiento (N. Vilorio, comunicación personal, 08 de agosto de 2016).

Por otra parte, el Gerente General de GTM indicó la importancia de asistir la planificación de las actividades operativas pues son muchas las unidades que necesitan visitarse y generalmente el proceso se lleva a cabo empíricamente y según las necesidades que se presenten. Una herramienta que permita la organización y asignación inteligente de rutas permitiría también reducir los costos imprevistos, los tiempos dedicados a las actividades, el desperdicio de insumos y sobre todo un proceso operativo organizado, claro y auditable (R. Labrador, comunicación personal, 09 de agosto de 2016).

3.4 Procesos Previos a la Gestión Operativa

3.4.1 Coordinación de Ventas

Para describir de forma general el proceso de ventas y comprender su relación con la coordinación de operaciones apoyando la visión sistémica del problema, según la Gerente General de Ventas el sistema de ventas en GTM posee las siguientes características (A. Loaiza, comunicación personal, 15 de septiembre de 2016):

- Los contratos tienen tres modalidades según el tiempo que la publicidad estará expuesta: la primera contempla 3 meses y debe ser pagada un 100% de contado como anticipo, la segunda tiene una duración de 6 meses y debe ser pagada un 50% de anticipo y otro 50% en dos cuotas los primeros dos meses de exhibición y finalmente la tercera de 12 meses se debe pagar 50% de anticipo y el restante 50% en cuatro cuotas los primeros seis meses de exhibición.
- En el caso de ser un nuevo cliente quien está contratando la valla se registran los datos del cliente en una base de datos. Si ya es cliente se busca el número anterior de contrato que se realizó y se toma como referencia.
- Lo ideal, luego de vencerse el contrato y antes de blanquear la unidad es ofertar una renovación del contrato si el cliente quiere proseguir con el servicio, en esta renovación se especificará si se harán cambios en la publicidad o cambios en las vallas contratadas y luego se planificará el nuevo proceso de instalación.
- Para el proceso de ventas, el encargado de formalizar la oferta debe tener una lista de las vallas disponibles con su ubicación, tipo, restricciones y respectivas tarifas de producción, instalación y cláusula de exclusividad.

- La venta de este tipo de publicidad se enfoca en varias áreas como la selección del público, ubicación, duración de la exposición y diseño del arte a exhibir por lo que se traza un plan para cada cliente de la empresa.

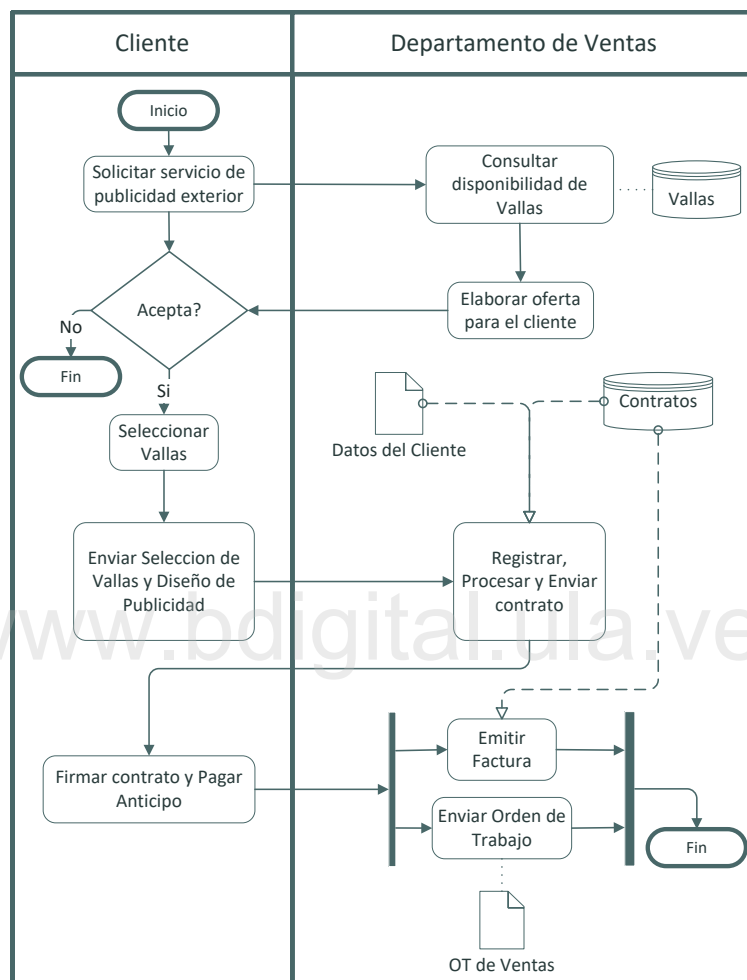


Figura 3.9: Diagrama de actividades para la venta de las vallas publicitarias en GTM. Fuente Elaboración Propia.

Las ventas se inician con el requerimiento del cliente interesado, quien solicita información a la empresa acerca de las vallas ubicadas en locaciones o zonas específicas, luego el departamento de ventas consulta la disponibilidad de las vallas en de las zonas donde el cliente está interesado en exhibir (la disponibilidad se revisa en la base de datos de unidades del OMM, que actualmente no está actualizada), luego el departamento de ventas elabora una oferta de compra donde lista las vallas disponibles con sus respectivas fotos (algunas veces desactualizadas) y el documento es remitido al cliente, si este acepta, debe seleccionar las vallas que rentará y pagar el anticipo que le corresponde, luego el departamento de ventas registrará el contrato, emitirá la factura y registrará el pago del anticipo para finalmente generar las ordenes de trabajo

(OT) que indican las instalaciones o producciones pendientes al Gerente de Operaciones de la sucursal (figura 3.9).

Es necesario mencionar que las OT son comunicaciones enviadas por email al Gerente del Departamento de Operaciones de la sucursal, al Gerente de Sitios de la sucursal, al Administrador General y al Gerente General de Vallas, donde se especifican los códigos de las vallas contratadas, el tipo de cada una de las vallas, el sustrato que le corresponde, sus dimensiones para impresión, el número de contrato y la tarea específica que debe realizarse.

Otro proceso importante a considerar es la renovación de contratos, se relaciona con la instalación dado que normalmente al momento de renovar contrato el cliente pide hacer un cambio de motivo y con esto indica el requerimiento de una nueva instalación.

Actualmente, el proceso de renovación se lleva a cabo a través de la negociación con un cliente que exhibe mucho más tiempo del propuesto (bien sea porque el departamento de operaciones olvido monitorear el contrato o en caso contrario porque el departamento de ventas olvido revisar la fecha de vencimiento), entonces se le notifica al cliente el tiempo de exceso de exposición y se propone cobrarle el plazo que ya ha pasado al precio que contrató la valla (precio viejo) y si quiere conservar la publicidad expuesta o cambiar el motivo debe generar un nuevo contrato con precio actualizado, sin embargo, este proceso causa pérdidas a la empresa porque el exceso de tiempo en la exhibición publicitaria ocupa la valla (es decir, no puede ser vendida) y si el cliente decide no renovar el contrato puede convertirse en una pérdida total de tiempo y dinero. Para solventar el problema, el modelo permitirá monitorear las fechas de los contratos automáticamente y enviar una notificación cuando el contrato se halla vencido y así el departamento de ventas podrá solicitar una renovación del contrato o por el contrario el blanqueamiento de la valla.

3.4.2 Producción de Sustratos

Otro proceso previo a la instalación de publicidad es la producción de los sustratos y, según información recopilada (D. Rondon, comunicación personal, 20 de septiembre de 2016), se diagramó el proceso (figura 3.10) y se listan a continuación algunas características de la producción de los sustratos en GTM:

- Actualmente el método de producción utiliza básicamente solo dos sustratos: vinil y lona. Cuando las unidades tienen menos de 8 m² utilizan vinil; cuando las unidades tienen entre 8 y 20 m² es preferible usar lona y las unidades mayores a 20 m² nuevamente usan vinil pues habría que usar demasiados paños de lona para cubrir la valla. Sin embargo, hay excepciones según la ubicación de las vallas pues hay algunas unidades que les corresponde usar lona y hay que colocarle vinil, ya que se han detectado zonas donde se han presentado hurtos de lonas.
- Los beneficios de la lona radican en su absorción del color, su robustez y el hecho de que una lona ya impresa puede cambiarse de un lugar a otro después de un tiempo determinado, con lo que se crean

circuitos en los que varias versiones de una misma campaña pueden intercambiar puestos y así mostrar una imagen más fresca al público.

- Cuando el sustrato a imprimir es lona, para cubrir el área de exposición de una valla publicitaria hay que cortar varios segmentos (conocidos como paños) de un mismo sustrato y luego unirlos con un pegamento especial para lograr el área imprimible para el diseño, adicionalmente se hacen unos bolsillos a los costados de donde se sostiene la lona en las vallas. Luego de cumplir los pasos anteriores la lona esta lista para imprimirse.
- Cuando el sustrato es vinil, la impresora deja unos bordes que hay que recortar, esta actividad normalmente se conoce como “refilar”, luego de hacer esto el sustrato está preparado para pegarse en las vallas.
- Actualmente los sustratos, a nivel nacional, se imprimen en el depósito de Mariches, donde GTM posee una impresora HP Scitex XL500, y luego se envían por encomiendas a todo el país.

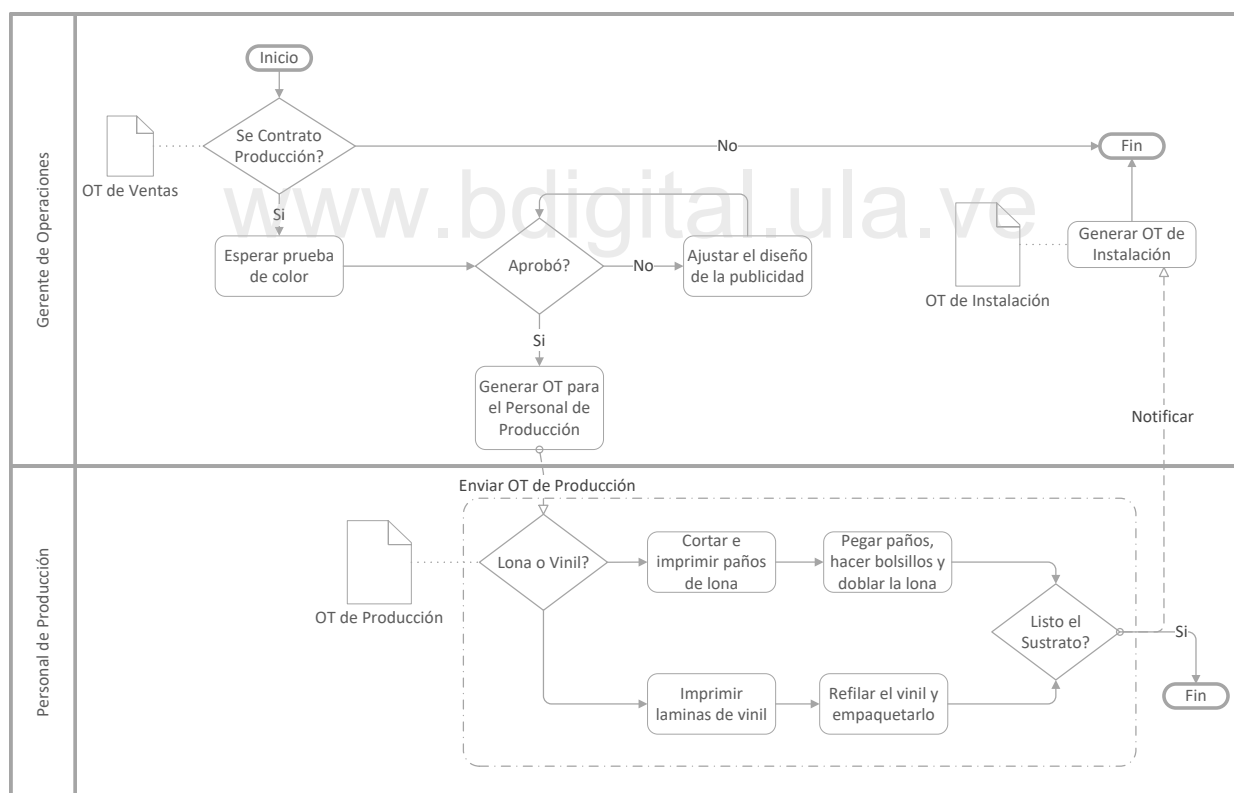


Figura 3.10: Diagrama de actividades de la producción de sustratos en GTM. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3 Supervisión de Vallas

Finalmente, el insumo principal para llevar a cabo el mantenimiento de las vallas radica en los supervisores. Para cada sucursal existe un cargo de supervisor, adjunto al Departamento de Ventas de la compañía, y su función es inspeccionar visualmente, al menos una vez por mes, las vallas de su circuito correspondiente y enviar sus reportes de estado al Gerente de Operaciones. A partir de la información generada por los supervisores, se programan las actividades de mantenimiento de vallas.

Cuando el Gerente de Operaciones recibe la información del supervisor, empíricamente selecciona las actividades que puede realizar y las incluye en las actividades de instalación; sin embargo, cuando hay muchas actividades pendientes es un proceso engorroso juntar las instalaciones, los mantenimientos, las variables a considerar para la planificación y al mismo tiempo asignarles un orden de prioridad.

3.5 Gestión Operativa de Vallas

En el contexto del aspecto operativo de la empresa GTM y sus vallas publicitarias, la empresa define la instalación de sustratos en carteleras y el mantenimiento de vallas bajo el nombre de Gestión Operativa de Vallas.

3.5.1 Instalación de Publicidad

Previamente a la instalación, es necesario recalcar que, cuando el cliente que está rentando la valla requiere la producción del sustrato, el gerente de operaciones debe enviar una Orden de Impresión (OI) al personal encargado ubicado en el depósito y esperar que el sustrato esté listo para instalarse. En caso contrario, cuando solo se contrata la instalación, el cliente debe firmar y pagar una cláusula de exclusividad para indicar que está haciendo uso de un producto que no es su propiedad y el Gerente de Operaciones debe esperar a que el sustrato llegue a depósito para planificar la instalación.

En tal sentido, es importante saber que la instalación de la publicidad es exclusiva de la empresa, es decir, si alguien contrata una valla en GTM obligatoriamente debe permitirle a la empresa llevar a cabo la instalación de la publicidad, mientras que la producción es opcional.

Adicionalmente, debe tomarse en cuenta en la planificación que cada valla publicitaria posee un arrendador de sitios, que es aquel ente público o privado dueño del sitio donde se exhibe la valla y al cual hay que pagarle el alquiler del lugar para la exhibición. Cada arrendador tiene particularidades de horario, aún más si son vallas ubicadas en azoteas, exteriores de edificios o en general donde se necesite permiso para el acceso a la unidad.

Según el Gerente de Operaciones de la sucursal de Caracas, las actividades de instalación de publicidad pueden describirse según las siguientes características (C. Hernández, comunicación personal, 13 de septiembre de 2016):

1. Primero se planifica el conjunto de actividades operativas que se van a realizar diariamente y esto se hace a través de la revisión de las Ordenes de Trabajo (OT) de ventas que llegan directamente al Gerente de Operaciones. Este planifica las instalaciones pendientes según su experticia, tomando en cuenta cuales son las actividades operativas prioritarias que hay en cola y conociendo de antemano la ubicación exacta de cada unidad que se piensa visitar.
2. Luego planificar las actividades operativas para un día específico, el Gerente de Operaciones genera una **Orden de Carretera** (OC), que es un documento informativo, donde indica al personal de cuadrilla cuales son las instalaciones que deben hacer, el orden de visita a las vallas, el código y la ubicación de las vallas. Cada OC que se emite necesita la transcripción manual de todos los campos de registro (código de valla, tipo de sustrato, ubicación, entre otros), cuestión que hace lento y engorroso el proceso.
3. El personal de cuadrilla, según las especificaciones de la OC, busca en el depósito los insumos necesarios para llevar a cabo el montaje, los cuales luego se montan al camión.
4. La instalación de publicidad comienza cuando el personal de cuadrilla (de la empresa o contratado) sale del depósito con los sustratos y demás insumos para visitar las vallas y llevar a cabo las actividades según el orden y las descripciones de la OC. Es importante mencionar, que en GTM se presentan inconvenientes en la gestión operativa de las vallas por el manejo de un gran parque de vallas con una variada ubicación, que en ocasiones generan confusiones de instalación en lugares incorrectos, tiempos tardíos por tráfico, obstáculos en la vía y respuestas tardías de arrendadores.
5. Luego que el personal pega el sustrato y termina el proceso de montaje toma una foto para conformar un **Reporte Fotográfico** (RF) donde se indica al Departamento de Ventas que las actividades de instalación fueron llevadas a cabo. En caso que el cliente que ha contratado la instalación no este conforme como el trabajo, se realizan las labores de cambio.

En tal sentido, es importante saber que las instalaciones de publicidad tienen prioridad sobre el mantenimiento (más adelante explicado), pues luego de firmar el contrato la empresa tiene 15 días hábiles para llevar a cabo la logística, producción e instalación de la valla publicitaria y, si la modalidad del contrato incluye una cláusula de exclusividad la empresa tendrá 5 días hábiles, luego de tener en su propiedad el sustrato (y haber comprobado su estado óptimo), para instalar la nueva publicidad y cada contrato según el circuito que este manejando puede requerir de 10 hasta 20 instalaciones.

Luego de cumplir con el plazo planeado para el contrato, la empresa deberá remover la publicidad de la valla contemplada (o blanquear la unidad). Lo ideal, al momento de vencerse el contrato y antes de blanquear

la unidad es ofertar una renovación del contrato si el cliente quiere proseguir con el servicio, en esta renovación se especificará si se harán cambios en la publicidad o cambios en las vallas contratadas y luego se planificará el nuevo proceso de instalación.

3.5.2 Mantenimiento de Vallas

Las actividades de mantenimiento de vallas son dirigidas al cuidado de las estructuras, sitios y alrededores que pertenecen al parque de vallas que actualmente maneja la empresa. En tal sentido, es importante acotar que las vallas publicitarias se conocen como “sitios” o “unidades” y, las estructuras son los armadores metálicos que sostienen las vallas, de modo que pueden tener varios “sitios” asociados. Para planificar las actividades de mantenimiento el Gerente de Operaciones utiliza como insumo la información recabada por el supervisor y luego une las actividades de mantenimiento con las de instalación para generar una OC con la que informará al personal de cuadrillas las especificaciones de las actividades de mantenimiento.

En numerosas oportunidades, el mantenimiento correctivo se programa y se lleva a cabo cuando la valla requiere una instalación. En cuanto a las unidades que están a punto de colapsar o simplemente que deben cambiarse de lugar por motivos propios de la empresa o del arrendador del sitio, el procedimiento radica en la generación de un reporte, por parte del Gerente de Operaciones, donde especifica el código de la valla, el estado y la nota de retiro para planificar la desinstalación urgente de la estructura. Por tanto, las actividades de mantenimiento y de instalación son planificadas de acuerdo a la prioridad asignada según la experticia del Gerente de Operaciones (VEPACO, 2008).

Sin embargo, no todas actividades de mantenimiento pueden programarse, algunas son totalmente imprevistas y esto genera un nivel de incertidumbre dentro de la gestión operativa. En las vallas, el mantenimiento no programado existe cuando las estructuras de soporte fallan, cuando se cae un panel de publicidad o se despega alguna lona que se ha montado recientemente (Zurilla, 2012). En general las vallas están siempre a la intemperie y por lo tanto este tipo de fallas inesperadas ocupan gran parte de los costos no estimados de la empresa.

Actualmente, la corporación no maneja un registro de actividades de mantenimiento por lo que no existe forma de predecir o anticipar la ocurrencia de eventos imprevistos en el manejo operativo (Labrador, 2008).

Cabe destacar que la empresa cuenta con un solo vehículo propio para labores de instalación y mantenimiento en las vallas; y según el Gerente de Operaciones de la sucursal de Caracas, para el caso del mantenimiento a vallas publicitarias en GTM no es posible programar la visita a las vallas con suficiente antelación o recurrencia para llevar a cabo el mantenimiento preventivo pues teniendo en cuenta que se dispone de un único vehículo, tomaría aproximadamente un año, visitar todo el parque de vallas para hacer

solo la reparación de bases, sin tomar en cuenta el resto de actividades operativas que requiere la empresa (C. Hernández, comunicación personal, 16 de septiembre de 2016).

Sin embargo, al tener un modelo que registre las actividades operativas puede proponerse la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo al simular un escenario alternativo y determinar los requerimientos necesarios para llevar a cabo dicha propuesta.

De acuerdo a los descrito anteriormente, el proceso para llevar a cabo la instalación y el mantenimiento en vallas publicitarias se describe en la figura 3.11. Vale acotar que existen varias actividades de mantenimiento, clasificadas según el componente de la valla que se atiende específicamente (estos componentes están en la descripción estructural de las partes de una valla Vepaco, ubicada en la sección 3.2.4 de la presente investigación).

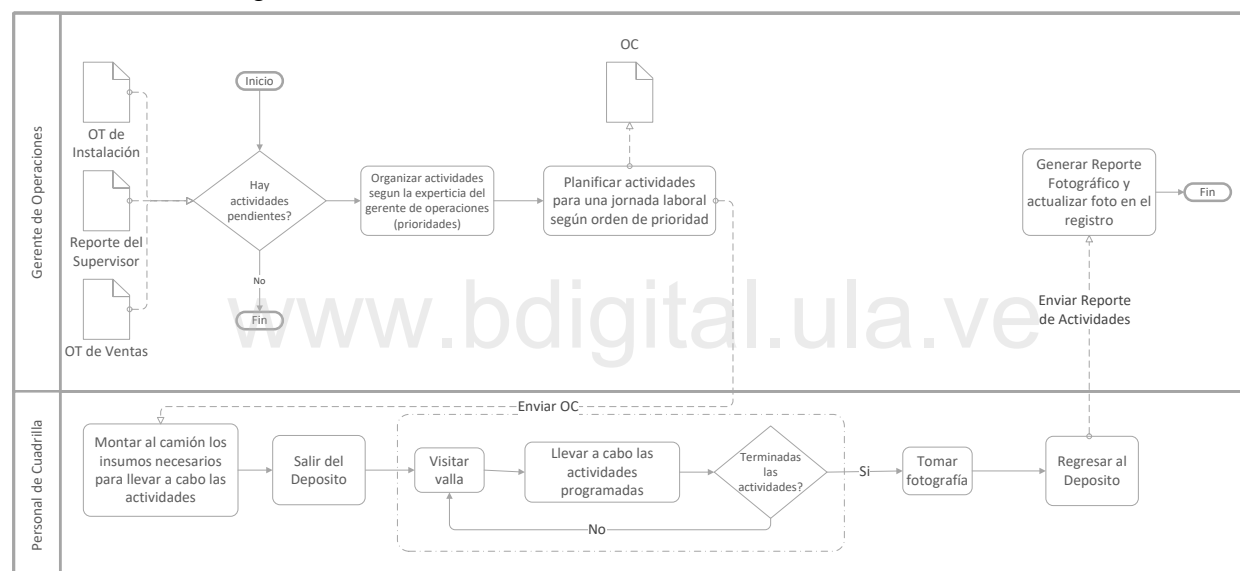


Figura 3.11: Diagrama de actividades para gestionar operativamente la instalación y mantenimiento de vallas en GTM.

Fuente: Elaboración Propia.

3.6 Actividades

La gestión operativa de vallas se centra en dos conjuntos principales de actividades, según se expresa en la figura 3.12, estas actividades deben desglosarse y clasificarse según la diferencia de tiempos y recursos que necesitan para realizarse.

El primer tipo de actividades a desglosar es la instalación de sustratos publicitarios que está clasificada de acuerdo al tipo de valla al cual se va a atender (Junior, Estándar, DERG), dado que no se usa el mismo tiempo ni recursos al instalar un vinil en una cartelera con las dimensiones de una valla Junior que pegar un mismo vinil, pero con las especificaciones dimensionales de un DERG. Adicionalmente, es necesario tomar en cuenta que la instalación de cualquiera de los sustratos puede ser regular o Premium, siendo estas últimas

las que se refieren específicamente a contratos con clientes Premium¹¹ o contratos exclusivos¹² (figura 3.13).

El segundo conjunto de actividades en la gestión operativa corresponde al mantenimiento correctivo clasificado de la siguiente manera (figura 3.14):

1. Mantenimiento correctivo de emergencia: son todas aquellas actividades dirigidas al solventar algún problema en la estructura de la valla publicitaria que atente contra la seguridad pública, se presenta generalmente cuando algún pedestal o soporte ha caído o está fuertemente debilitado y se encuentra en las vías más transitadas o en pleno centro de la ciudad. Es la actividad que verdaderamente tiene la mayor prioridad dentro del modelo, sin embargo, por su bajo nivel de ocurrencia, la variabilidad de posibles acciones a tomar e insumos necesarios y la incapacidad para prevenirla no se toma en cuenta dentro de la planificación. Asumiendo que cuando ocurre alguno de estos eventos el personal de la empresa debe posponer las actividades planificadas hasta haber solventado el problema.
2. Mantenimiento correctivo diferido: son actividades que tienen por objeto solventar alguna falla o deterioro en una valla publicitaria, pero que no representa riesgo para la población, están dirigidas a la atención técnica de las tres áreas esenciales en cada valla: la cartera, la estructura y los alrededores o contornos de la valla. Actualmente las fallas diferidas más frecuentes son: obstrucción vegetal en los alrededores de la valla impidiendo la visual, el deterioro de paneles, estructura, base y logo. Cabe destacar que existe una numerosa cantidad de actividades de mantenimiento correctivo diferido divididas de acuerdo al tipo específico de componente al cual atienden en cada área de la valla, tal categorización se ve reflejada en la figura 3.15. Adicionalmente, entendiendo que hay algunas instalaciones que deben hacerse en vallas donde es necesario llevar a cabo algún tipo de mantenimiento correctivo y puesto que las instalaciones son algo prioritario para la empresa, los mantenimientos correctivos diferidos aumentan su prioridad de atención si la valla también tiene asociada una instalación pendiente por ejecutar

3.6.1 Prioridades

Al analizar la información recopilada en GTM, se determinó que, la prioridad más elevada la ocupa el mantenimiento correctivo de emergencia, a este le siguen las actividades especiales para vallas con instalaciones pendientes, luego las instalaciones de publicidad contratadas por clientes Premium o el uso de contratos especiales y posteriormente las instalaciones de publicidad contratadas por procedimientos regulares, seguidamente se posicionan los mantenimientos correctivos diferidos para aquellas vallas con instalaciones pendientes y finalmente los mantenimientos correctivos diferidos para el resto del parque de

¹¹ Clientes Premium son aquellos clientes que tienen una trayectoria histórica con la empresa, considerados como clientes primordiales, por la recurrencia con la que rentan productos.

¹² Contrato exclusivo es un tipo de contrato especial que se negocia con un cliente que está rentando una gran cantidad de vallas y que se solicita la instalación inmediata.

vallas, tal como se muestra en la tabla 3.2, se asigna, para el interés de esta investigación, un valor a cada prioridad, donde el uno (1) significa la actividad con mayor prioridad y el cinco (5) la actividad con menor prioridad del modelo.

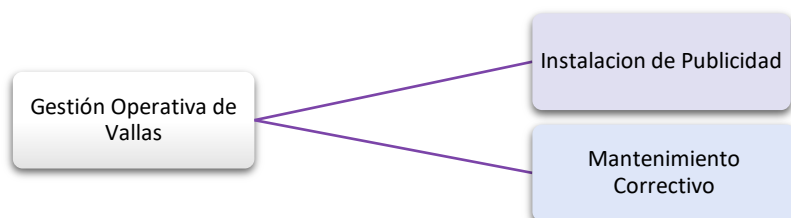


Figura 3.13: Clasificación de las actividades de gestión operativa de vallas en GTM. Fuente: Elaboración Propia

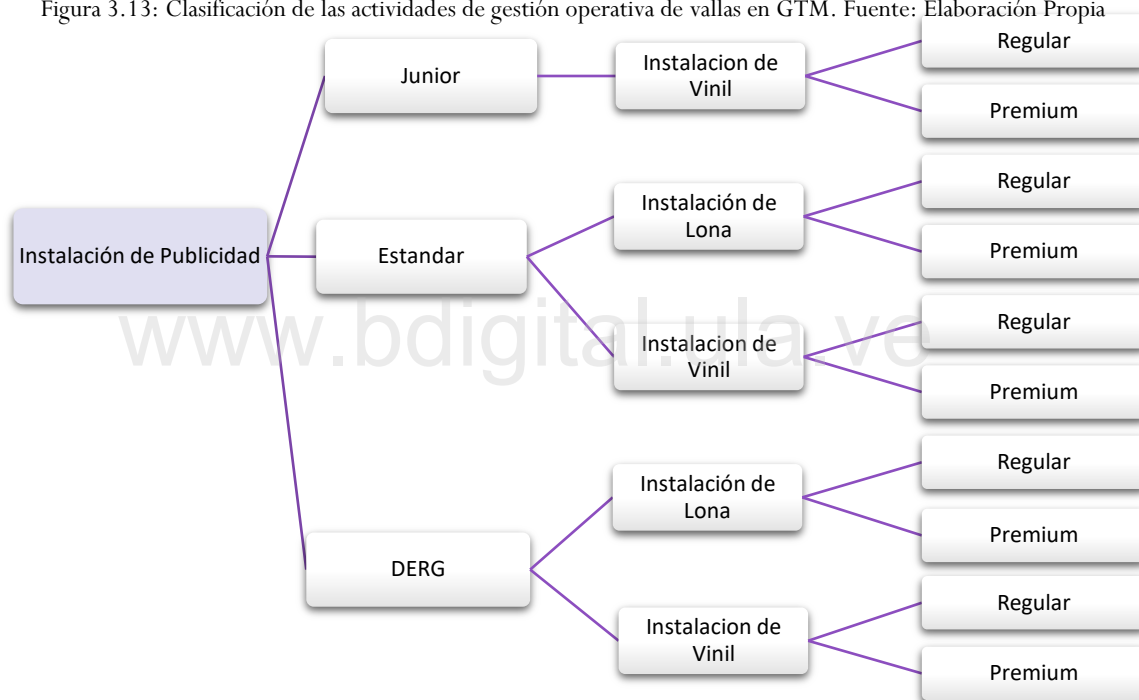


Figura 3.13: Clasificación de la instalación de publicidad en vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia

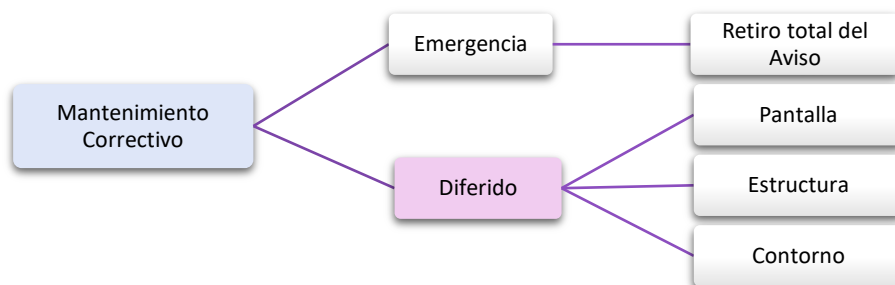


Figura 3.14: Clasificación del mantenimiento correctivo en vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia

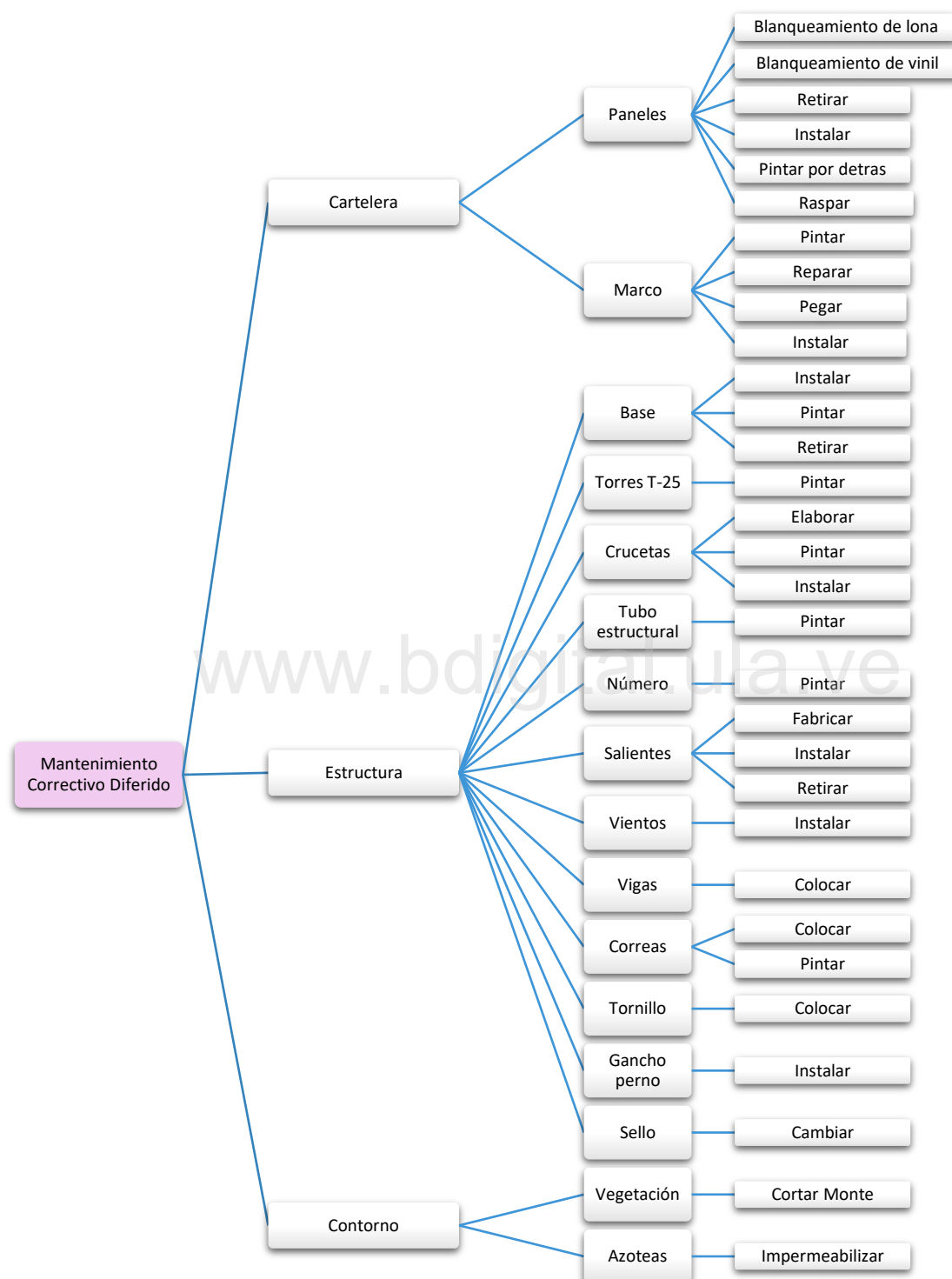


Figura 3.15: Clasificación de las actividades de mantenimiento correctivo diferido de las vallas Vepaco. Fuente: Elaboración Propia.

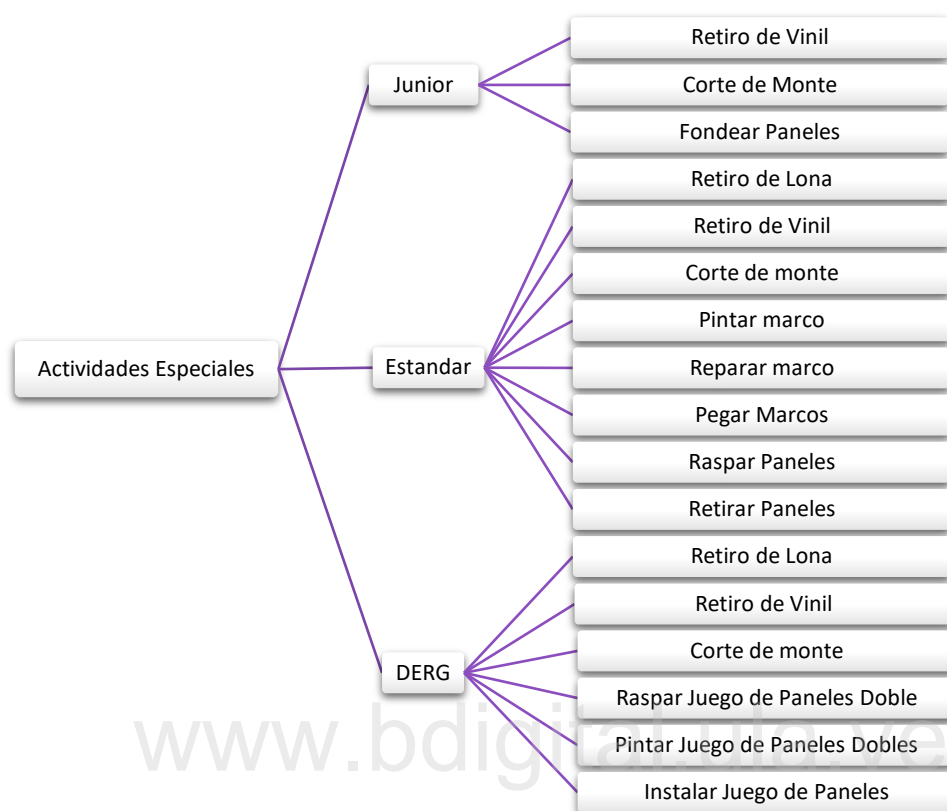


Figura 3.15: Clasificación de las actividades Especiales por tipo de valla publicitaria a la que atienden. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Tipo de Actividad</i>	<i>Prioridad Asignada</i>
<i>Mantenimiento Correctivo de Emergencia</i>	1
<i>Actividades especiales con instalaciones pendientes</i>	2
<i>Instalación de Sustratos para clientes Premium o campañas especiales</i>	3
<i>Instalación de Sustratos según contrato regular</i>	4
<i>Mantenimiento Correctivo diferido con instalación pendiente</i>	5
<i>Mantenimiento correctivo diferido</i>	6

Tabla 3.2: Prioridades de las actividades de gestión operativa. Fuente: Elaboración Propia

3.6.2 Demandas

Las ventas de las vallas publicitarias se llevan a cabo a través de contratos que se negocian con clientes que pueden ser personas jurídicas interesadas en exhibir su publicidad o agencias publicitarias que representan terceros clientes. Los contratos de GTM establecen que la publicidad vendida debe instalarse en una semana, luego de tener los sustratos disponibles. Para hacer las ofertas de exhibición, la empresa crea agrupaciones de

vallas que cumplen con determinadas características y se acoplan a necesidades específicas, denominados “circuitos”. Estos grupos pueden contener desde 10 hasta 20 vallas publicitarias. Para el caso de las ventas, el escenario con mayor ocurrencia, es la elección de una serie de vallas específicas en las que el cliente está interesado. Dado que los datos históricos disponibles son reducidos y, que la ocurrencia del evento depende de una serie de factores no estimables, se asume para el caso de estudio que la demanda de instalación de publicidad en las vallas es variable.

De igual forma, en cuanto a los mantenimientos, no es posible determinar con exactitud cuándo ocurrirá una falla en las vallas publicitarias, de modo que se representan también como una demanda variable.

En resumen, GTM es una empresa de publicidad exterior que necesita llevar a cabo una serie de actividades de instalación de publicidad y mantenimiento relacionadas a sus bienes primordiales: **las vallas publicitarias**, y la programación de actividades operativas implica una complejidad que es necesaria asistirla con un modelo que permita mantener de forma clara y concisa toda la información referida a las actividades. Sin embargo, el solo hecho de registrar y mantener toda la información referida a las actividades operativas de la empresa no asegura una asignación satisfactoria de recursos necesarios para la planificación de actividades pues no está considerando hallar la mejor forma de visitar las vallas y circuitos que tienen localizaciones diversas, tomando en cuenta las características propias de la empresa. Es por esto que, para gestionar las actividades operativas de GTM se plantea el modelamiento del proceso a través de la programación lineal para generar satisfactoriamente las rutas de visita de las vallas publicitarias y la planificación de actividades por día de trabajo, tomando en cuenta sus respectivas prioridades.

Capítulo 4

Construcción del Modelo

En GTM la gestión operativa de las vallas publicitarias marca Vepaco está basada en la planificación de rutas para llevar a cabo una serie de actividades de acuerdo a los requerimientos de instalación de publicidad y mantenimiento de vallas publicitarias, esta planificación, actualmente se lleva a cabo empíricamente según la experticia del personal encargado y, cuando aumenta la cantidad de vallas por atender la programación de visitas se torna complicada y desorganizada, generando una serie de costos imprevistos en la empresa. Para solventar esta situación, la investigación tiene como objetivo principal el desarrollo de un modelo que organice la asignación de las actividades operativas y planifique las rutas de visita apropiadas buscando minimizar los costos operativos.

Este capítulo describe la estructura del modelo propuesto, inicialmente se mencionan los objetivos del modelo, luego se enlistan las características relevantes del sistema real junto con los supuestos que rigen el modelo, después se modela matemáticamente el ruteo de las actividades operativas y finalmente se presenta un algoritmo que describe el modelo propuesto para gestionar operativamente las vallas.

4.1 Objetivos del Modelo

Se propone a continuación, un modelo para gestionar las actividades de instalación de publicidad y mantenimiento para vallas publicitarias que obedece a la búsqueda de un equilibrio entre tres objetivos primordiales:

1. Minimizar la cantidad de vehículos subcontratados: actualmente la empresa tiene una política de venta de vallas que obliga al Departamento de Operaciones a llevar a cabo la instalación de publicidad en cinco días hábiles y, dado que la Sucursal de Caracas solo cuenta con un vehículo propio, se ha hecho necesario subcontratar el servicio de instalación para los casos en que las ventas exceden la capacidad y se sobrepasa el tiempo estipulado en el contrato. El modelo debe calcular la cantidad mínima de vehículos subcontratados para llevar a cabo las instalaciones vencidas¹³.
2. Minimizar los tiempos de traslado entre vallas: dado que actualmente no se cuenta con datos que reflejen claramente los costos operativos de la empresa y, en la búsqueda para minimizar tales costos, se ha determinado que el tiempo de traslado es uno de los factores que influye directamente

¹³ Entendiendo que instalaciones vencidas son todas aquellas instalaciones que ya cumplieron con su plazo de cinco (5) días hábiles estipulado por el contrato de venta y aún no se han llevado a cabo.

sobre los costos relacionados con las actividades operativas, por lo que se hace necesario minimizar tales tiempos.

3. Cumplir con las prioridades en la asignación de actividades: la planificación de las actividades operativas atiende un orden establecido empíricamente por el Gerente de Operaciones, tomando en cuenta esta información, se han otorgado valores a cada tipo de actividad para representar su nivel de relevancia y urgencia en la planificación. El modelo debe elegir el orden de las actividades planificadas de acuerdo con las prioridades definidas en la investigación.

4.2 Características Relevantes del Sistema Real

- 1 La empresa puede vender desde una valla hasta 20 vallas agrupadas en un circuito.
- 2 La empresa posee solo un vehículo dedicado a la instalación de sustratos y mantenimiento de las vallas, correspondiente a un camión Chevrolet NPR con una capacidad de carga de 5295 kg. El vehículo lleva consigo la cuadrilla e insumos necesarios para las actividades, no se considera la capacidad de carga como una restricción del problema puesto que todos los insumos necesarios para las actividades pueden ser transportados sin problema.
- 3 El personal dedicado a la instalación y mantenimiento se organiza por cuadrilla, conformada por un jefe de cuadrilla, 2 obreros y el vehículo del Departamento de Operaciones lleva consigo a la cuadrilla más el chofer.
- 4 Actualmente la empresa dispone solo de una (1) cuadrilla fija.
- 5 Los contratos especifican que, luego de tener el sustrato, la empresa debe exponer la publicidad sea cual sea la cantidad de vallas vendidas, en un tiempo máximo de 5 días, de lo contrario la instalación se toma como vencida.
- 6 El personal de cuadrilla trabaja una jornada laboral que inicia desde las 7:30am hasta las 5:00pm, con una hora de descanso escogida a conveniencia, quince (15) minutos para analizar y revisar la orden de carretera, treinta (30) minutos para montar los insumos al vehículo y quince (15) minutos para entregar en depósito el reporte de actividades, de modo que el tiempo disponible para llevar a cabo las actividades operativas es de cuatrocientos cincuenta (450) minutos.
- 7 Si hay instalaciones vencidas pendientes por planificar y el vehículo de la empresa está ocupado debe subcontratarse un vehículo para llevar a cabo tales actividades.
- 8 Todo vehículo subcontratado se dispone desde las 8:00am y hasta las 5:00pm con una hora de descanso escogida a conveniencia y quince (15) minutos para recibir la orden de carretera y el sustrato (material de trabajo también subcontratado) en el depósito y nuevamente quince (15) minutos para entregar el reporte de actividades al finalizar la jornada laboral, en general los

vehículos subcontratados disponen de cuatrocientos cincuenta (450) minutos para llevar a cabo las actividades de una jornada laboral diaria.

- 9 Los vehículos subcontratados solo pueden atender instalaciones vencidas.
- 10 Cuando se subcontrata un vehículo también se subcontrata el personal de cuadrilla para llevar a cabo las actividades de instalación de sustratos.
- 11 El mantenimiento correctivo (de emergencia o diferido) y la instalación de sustratos son actividades con demandas variables.
- 12 La actividad que consiste en remover la publicidad de las vallas luego de vencidos los contratos de exposición se conoce como “blanqueamiento de la valla” y las instalaciones de nueva publicidad se conocen como “pegadas”.
- 13 El blanqueamiento de las vallas forma parte del mantenimiento correctivo diferido de pantalla y se lleva a cabo cada vez que se culmina un contrato.
- 14 El vinil no puede colocarse si está lloviendo, por lo tanto, tienen que esperar al siguiente día para realizar la actividad.
- 15 Cada actividad planificada tiene un tiempo aproximado para llevarse a cabo.
- 16 Las actividades operativas deben realizarse a horas específicas, esto debido a que algunas vallas están ubicadas en zonas donde tiene el acceso reservado (horarios de acceso a las vallas), como, por ejemplo: edificios, azoteas, centros comerciales, locales comerciales, estacionamientos, entre otros.
- 17 Al terminar las actividades, el personal de cuadrilla debe tomar una fotografía del trabajo realizado y, el tiempo para hacerlo estará incluido en el tiempo promedio por actividad.
- 18 Según el tipo de valla (junior, estándar, DERG) hay varios tipos de actividades posibles para asignar y cada una de ellas suponen tiempos distintos para realizarse. Sin embargo, para efectos del modelo de programación lineal la valla tendrá un tiempo total de atención que incluirá en él la sumatoria de todas las actividades pendientes para esa valla.
- 19 Toda instalación o mantenimiento que no se ejecuta de acuerdo a la planificación (en fechas pautadas) se toman en cuenta para la siguiente planificación, sin alterar su prioridad.
- 20 Para la empresa, las instalaciones tienen mayor prioridad que el mantenimiento correctivo diferido.
- 21 Toda instalación y/o mantenimiento que lleva a cabo el vehículo sea de la empresa o contratado inicia y finaliza en el depósito.
- 22 Cuando a la empresa le surge un mantenimiento correctivo de emergencia, el mismo toma la primera prioridad y obliga a la cuadrilla a encargarse de él y se suspende la disponibilidad del vehículo de la empresa para un día de planificación.

- 23 En el caso de que no exista comunicación vial posible entre dos vallas se le asignara el valor de cero (0) a ese arco para que no pueda ser usado por el modelo de ruteo.

4.3 Supuestos del Modelo

Los supuestos que enmarcan y caracterizan el modelo, se determinan a partir del diagnóstico y conocimiento de los procesos operativos. Estos supuestos se detallan a continuación:

- 1 Los sustratos siempre están disponibles en el depósito cuando se planifique la instalación.
- 2 Los insumos necesarios para llevar a cabo las actividades a planificar siempre están disponibles en el depósito.
- 3 Los materiales de seguridad siempre están montados en el vehículo.
- 4 Si el vehículo de la empresa está disponible se asume que está en perfectas condiciones.
- 5 El personal de cuadrilla siempre está disponible.
- 6 La carga de los materiales necesarios se cuenta aproximadamente en treinta (30) minutos para el vehículo de la empresa.
- 7 El personal de cuadrilla, sea de la empresa o contratado, tiene una jornada laboral de cuatrocientos cincuenta (450) minutos.
- 8 El depósito, como nodo inicio y fin, tiene un tiempo de atención de quince (15) minutos.

4.4 Calculo de Vehículos Subcontratados con PLEM

Como se menciona anteriormente, es importante para minimizar los costos operativos de la empresa, calcular la mínima cantidad de vehículos subcontratados que se necesitan para llevar a cabo las instalaciones pendientes por ejecutarse y que además han excedido el tiempo determinado en el contrato de venta (cinco días hábiles).

El cálculo de vehículos a subcontratar se hace empíricamente y, cuando se subcontrata un vehículo se le asigna una cantidad de instalaciones vencidas y el personal subcontratado determina la cantidad de días que le tomará llevar a cabo las actividades.

De este modo, al calcular cuántos vehículos son necesarios para llevar a cabo las actividades y hacerlo de acuerdo a las variables del sistema real, tomando en cuenta la congestión en las vías de tránsito, ubicación de las vallas, ventanas de acceso y jornada laboral, le permite al Gerente de Operaciones tomar una decisión consiente e informada que minimice los costos operativos gestionando satisfactoriamente la planificación para los vehículos subcontratados.

Con el fin de determinar la cantidad de vehículos subcontratados necesarios para llevar a cabo una serie de instalaciones vencidas, tomando en cuenta las consideraciones del modelo real, se usa un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (PLEM) basado en el Problema del Ruteo de Vehículos (VRP) que rutea

solo las instalaciones vencidas y, luego el modelo a través de su uso determina la cantidad de vehículos necesaria para llevar a cabo tales actividades en un día de planificación, sabiendo que se agrega un vehículo subcontratado a la planificación según dos condiciones: la primera de ellas es cuando hay una instalación vencida pendiente y no está disponible el vehículo propio para llevarla a cabo; y la segunda de ellas es cuando al ejecutarse el modelo de programación lineal, se encuentra que, las instalaciones vencidas no pueden resolverse en una jornada laboral con el vehículo propio, entonces se agregan vehículos sub contratados hasta que las instalaciones vencidas puedan resolverse.

Adicionalmente, es importante mencionar que la empresa no subcontrata más de dos vehículos por día, sin embargo, se busca que el modelo calcule la cantidad de vehículos necesaria para llevar a cabo las instalaciones vencidas y, luego de informar al Gerente de Operaciones acerca de los requerimientos calculados, este verifica e ingresa la cantidad de vehículos que efectivamente está dispuesto a contratar el Departamento para el día de planificación, y finalmente se planifican las actividades operativas de acuerdo a la cantidad de vehículos ingresada.

De este modo, la empresa puede conocer y dar seguimiento a los requerimientos reales para que el Departamento de Operaciones pueda desarrollarse óptimamente y tomar medidas al respecto, como actualizar los precios de venta de acuerdo a los gastos operativos reales o alargar el período de instalación de la publicidad.

4.4.1 Parámetros

Los parámetros que definen y caracterizan el modelo de PLEM para rutear las actividades de instalación vencidas, son:

a) *Cantidad de vallas (n)*

La cantidad de vallas, en el modelo, está representada por “n” y se asume que cada valla que es considerada para formar parte de este conjunto debe ser atendida, es decir, que tiene un tiempo de atención mayor a 0.

b) *Cantidad de Vehículos (z)*

La cantidad de vehículos usados para la programación de actividades es un parámetro representado por “z” donde el primer valor de conjunto le corresponde al vehículo propio (de estar disponible) y el resto de valores a los vehículos contratados (si los hubiere).

c) *Tiempo de atención por valla (u_i)*

Cada valla publicitaria que se incluye en el modelo, tiene una instalación vencida asociada que debe llevarse a cabo, el tiempo que requiere realizar tal actividad se conoce como u_i .

d) *Tiempo de traslado entre vallas (t_{ij})*

Los tiempos de traslado entre vallas están representados por una matriz cuadrada con diagonal principal nula (es decir que sus valores son 0), esta matriz es tomada de Google Maps utilizando la Google-API “Distance-Matrix”¹⁴ que devuelve la mejor ruta encontrada entre cada par de puntos, tomando uno como partida y otro como llegada, según cálculos de la Google Maps API. La salida del programa consiste en una serie de filas que contienen valores de tiempo de viaje y distancia para cada par de nodos.

Adicionalmente, es necesario mencionar que los parámetros de inicialización del API son dos arreglos, uno que contiene los puntos de origen (con formato: latitud, longitud) y otro que contiene los nodos destino y, un “Key” o clave que debe solicitarse al servicio de Google Maps API para que puedan monitorear el uso del producto y las licencias adjuntas. La aplicación tiene una serie de variables que pueden modificarse para afinar aún más el resultado de la matriz de distancias y, una de ellas es “*traffic_model*” donde se especifican las suposiciones que debe hacer la API al momento de calcular el tiempo de recorrido. Para el caso de dicha investigación, se utiliza una predicción pesimista que busca los peores valores de tiempo para el desplazamiento según las peores condiciones históricas de tráfico. Para el uso de la Google API se utilizó el lenguaje de programación “Python” ya que es un lenguaje sencillo y versátil y, es ideal para comunicar la API de Google con el resto del modelo que está programado en C++.

Finalmente, el resultado de la consulta se representa a través de un archivo JSON¹⁵. Este archivo contiene una serie de elementos raíz, siendo el más importante de ellos conocido como “*rows*” y es allí donde se encuentra la matriz de “*elements*”. Cada uno de estos contiene el tiempo y la distancia entre cada par de puntos origen y destino. Para efectos del modelo desarrollado, la matriz de tiempos de traslado está representada como $t_{(i,j)}$ y se genera dinámicamente según los requerimientos de las actividades operativas pendientes por realizar.

¹⁴“Google Maps Distance Matrix API es un servicio que proporciona la distancia y el tiempo de viaje para una matriz de orígenes y destinos” (Google, 2017, p. 1).

¹⁵JSON (acrónimo de *JavaScript Object Notation*) es un formato de texto ligero para el intercambio de datos (JSON, 2017).

e) Ventanas de tiempo para visitar cada valla (e_i, l_i)

Cada valla posee una ubicación propia y, para acceder a algunas de ellas es posible que solo pueda hacerse en un rango o una serie de intervalos específicos de tiempo, por ejemplo, si la valla se encuentra en una azotea es posible que el edificio solo permita el acceso desde las 8:00am hasta las 12:00pm o si está ubicada dentro de un local comercial, es posible que solo pueda visitarse luego de las 2:00pm en adelante, por lo tanto cada valla tiene asociados los valores de visita, donde se establece un valor que indica el inicio de la ventana de tiempo (e_i) y uno que indica el final (l_i).

4.4.2 Variables

Entendiendo, que se busca optimizar el ruteo de vehículos subcontractados para llevar a cabo las actividades de instalación de publicidad vencidas, tomando en cuenta las características del sistema real, se definen las variables del modelo como:

1. X_{ijk} : son variables de decisión binarias que toman el valor de uno (1) si el vehículo k se desplaza desde el nodo i hasta el j y cero (0) de lo contrario.
- i : Este subíndice es un entero que indica la cantidad de nodos de salida que se han definido para el modelo, este conjunto está definido desde el nodo cero (0) que representa la ubicación del depósito hasta n que representa la última valla por visitar¹⁶.
- j : Este subíndice es un entero que indica la cantidad de nodos de destino que se han definido para el modelo, este conjunto está definido desde el nodo uno (1) que representa la ubicación de la primera valla hasta $n+1$ que representa el depósito de llegada. En el caso de la sucursal de Caracas el punto de partida y retorno es el mismo por lo tanto el ultimo nodo ($n+1$) se comporta tal como el cero (0), sin embargo, en el caso de otras sucursales que deben planificar viajes para visitar su parque de vallas es importante esta funcionalidad pues puede cambiarse el nodo de llegada por el hotel de residencia.
- k : El ultimo subíndice indica la cantidad de vehículos que están disponibles para llevar a cabo la planificación, si el vehículo propio está disponible será $k = 1$ y el resto del subconjunto hasta Z serán los vehículos subcontractados. En caso contrario, cuando el vehículo propio este deshabilitado entonces $k = 1, \dots, Z$ corresponden a vehículos subcontractados.

¹⁶ En el caso de la sucursal de Caracas el punto de partida y retorno es el mismo por lo tanto el ultimo nodo ($n+1$) se comportará tal como el cero (0), sin embargo, en el caso de otras sucursales que deben planificar viajes para visitar su parque de vallas es importante esta funcionalidad pues puede cambiarse el nodo de llegada por el hotel de residencia.

2. T_{ik} : Estas variables son auxiliares y representan el tiempo en que el vehículo k comienza a servir al nodo i , ayudan luego al cumplimiento del horizonte de tiempo impuesto por la jornada laboral y las ventanas de tiempo para el acceso a las vallas.

4.4.3 Función Objetivo

La función objetivo del modelo depende de la tipología y características propias del problema que se está estudiando, para este caso, el modelo está basado en escoger óptimamente las rutas para que los vehículos (propio o subcontratados) puedan llevar a cabo las instalaciones vencidas. La ecuación para representar tal objetivo se encuentra en la ecuación 4.1.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{k=1}^z (t_{ij} + u_j) * X_{ijk} \quad (4.1)$$

4.4.4 Restricciones

El modelo de programación lineal cuenta con una serie de restricciones definidas como:

- 1) Todos los vehículos que se usen para la ejecución del modelo deben salir del depósito de Mariches pues es allí donde recogen los sustratos a pegar en el caso de instalación de publicidad y demás materiales para los mantenimientos, es decir, que la sumatoria de los arcos que inicien desde cero (0) hasta cualquier destino n para cada vehículo k debe ser exactamente igual a uno (1) ósea que solo un arco de salida puede estar activo (ecuación 4.2), se tienen “ z ” restricciones de este tipo.

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1 \quad \text{para } k = 1, \dots, z \quad (4.2)$$

- 2) Todos los vehículos usados tienen un punto de retorno, en este caso retornan al depósito representado por el nodo $n+1$, por lo tanto, si un vehículo ha salido desde el deposito a cualquier nodo destino ($1 \dots n$) debe también regresar al nodo de retorno ($n+1$), se tienen “ z ” restricciones de este tipo y está representada por la ecuación 4.3.

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = \sum_{i=0}^n X_{i,n+1,k} \quad \text{para } k = 1, \dots, z \quad (4.3)$$

- 3) Cada valla debe visitarse solo una vez por día, por lo tanto, cualquier vehículo ($1 \dots z$) al partir desde cualquier nodo inicio ($0 \dots n$) solo puede llegar a una valla una única vez (ecuación 4.4).

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^v X_{ijk} = 1 \quad \text{para } j = 1, \dots, n \quad (4.4)$$

- 4) En las redes de flujo es importante asegurar que todo aquello que entra a un nodo vuelve a salir, para cumplir con la ley de conservación de la energía, en el caso del modelo esta restricción asegura que cada nodo debe ser visitado y dejado y, hacer esto con el mismo vehículo (ecuación 4.5), se tienen “n” por “z” restricciones de este tipo. Es importante mencionar que para evaluar esta restricción recursivamente deben excluirse los puntos donde i sea igual a j.

$$\sum_{i=0}^{n+1} X_{ijk} = \sum_{i=0}^{n+1} X_{j,i,k} \quad \begin{array}{l} \text{para } j = 1, \dots, n \\ k = 1, \dots, z \end{array} \quad (4.5)$$

- 5) Algunas de las vallas no pueden visitarse entre ellas pues no tienen caminos factibles para hacerlo, en este caso, se utiliza el valor cero (0) para indicar al modelo que ese camino no puede tomarse y por lo tanto las variables no pueden utilizar caminos que no existan (ecuación 4.6), es decir, aquellos arcos no factibles que son iguales a cero (0).

$$\text{if } t[i,j] = 0 \text{ then } \sum_{k=1}^v X_{ijk} = 0 \quad \begin{array}{l} \text{para } i = 0, \dots, n \text{ y} \\ j = 1, \dots, n+1 \end{array} \quad (4.6)$$

- 6) Es necesario asegurar la validez del horario laboral en el modelo, dado que la planificación debe hacerse para el horizonte de un día de trabajo. En tal sentido, el tiempo de atención a la valla más el tiempo que se tarda en trasladarse hasta allí debe ser menor o igual a cuatrocientos ochenta (480) minutos que es lo que comprende la jornada laboral, tomando en cuenta los quince (15) minutos de revisión de la orden de carretera en el depósito y nuevamente los quince (15) minutos para entregar el reporte de actividades al Gerente de Operaciones (ecuación 4.7).

$$\sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} (u_i + t_{ij}) * X_{ijk} \leq 480 \quad \text{para } k = 1, \dots, z \quad (4.7)$$

- 7) Algunas vallas solo pueden visitarse en intervalos de tiempo determinados según el arrendador del sitio y, para que se cumplan las ventanas de tiempo el modelo de VRPTW tiene una serie de restricciones predefinidas (ecuaciones 4.8, 4.9 y 4.10), tomando en cuenta que M es una constante arbitrariamente grande (y en este caso tiene un valor de 1000), las ecuaciones están dadas por:

$$T_{ik} + u_i + t_{ij} - M * (1 - X_{ijk}) \leq T_{jk} \quad \begin{array}{l} \text{Para } i, j = 0, \dots, n + 1 \text{ y} \\ k = 1, \dots, z \end{array} \quad (4.8)$$

$$e_i \leq T_{ik} \quad \begin{array}{l} \text{para } i = 0, \dots, n + 1 \text{ y} \\ k = 1, \dots, z \end{array} \quad (4.9)$$

$$T_{ik} + u_i \leq l_i \quad \begin{array}{l} \text{para } i = 0, \dots, n + 1 \text{ y} \\ k = 1, \dots, z \end{array} \quad (4.10)$$

4.5 Planificación de actividades con PLEM

Tomando en cuenta el modelo de PLEM planteado anteriormente, se hace necesario una serie de modificaciones para cumplir con la minimización de los tiempos de recorrido previstos en la planificación de actividades operativas y maximización del uso de los vehículos subcontratados. Las especificaciones del modelo de PLEM para generar la planificación de actividades diarias son las siguientes:

- Empresa: Grupo Trust Mediático 2014 C.A.
- División: Operaciones.
- Unidad Operativa: Caracas.
- Usuario del Software: Gerente de Operaciones.
- Deposito: Caracas-Mariches.
- Sistema actual: Despacho Vehicular Manual, operador basado en su experiencia.
- Tiempo de ruteo: estático.
- Tiempo de Corrida: diariamente (se corre un día antes al planificado).
- Modalidad: Escritorio.
- Lenguaje para programar el Modelo: C++.
- Medida de calidad del Servicio: minimización en los tiempos de planificación operativa.
- Cantidad de vehículos que conforman la flota: uno.

4.5.1 Parámetros

Los parámetros que definen y caracterizan el modelo de PLEM, son los mismos que en el modelo anterior con las siguientes excepciones:

a) *Tiempo de atención por valla (u_i)*

Cada valla publicitaria que se incluye en el modelo, tiene un tiempo de atención específico conformado por la sumatoria de los tiempos de las actividades pendientes que tiene asociadas (u_i). Sin embargo, cada una de las actividades tiene un tiempo específico para llevarse a cabo y para determinarlo se realiza un estudio estocástico, donde se toman cien (100) muestras de tiempo para cada actividad (el tiempo se toma en minutos).

Luego, se estudia el comportamiento de las muestras tomadas y se aplican una serie de pruebas de normalidad con el uso de R-Studio. Finalmente, luego de comprobar que los datos se distribuyen normalmente, se calcula el promedio de las muestras para cada actividad y se redondea para así determinar los minutos que requiere la hechura de cada tarea operativa en estudio.

Cabe destacar que, las muestras de tiempo tomadas para las tareas de mantenimiento correctivo de emergencia no se distribuyen normalmente, esto debido a la variabilidad de las condiciones de cada valla al momento de presentar la falla y los distintos factores que influyen cuando se están desmontando las unidades. Por ejemplo: la disponibilidad de una grúa si la estructura lo requiere o en el caso de estar doblado el pedestal de la valla se necesita contratar un equipo de cuadrilla adicional para lograr desmontar la cartelera, adicionalmente la ubicación podría ser riesgosa si es una vía transitada o estar bloqueada si se trata de una azotea. Por tanto, este tipo de fallas presentan mucha variación y se hace imposible determinar un tiempo específico para su realización.

Una muestra del estudio estocástico se observa en el Apéndice A, donde se explica cómo se hallaron los tiempos de atención para las vallas tipo Junior y, luego los tiempos determinados y usados para el modelo se encuentran en el Apéndice B.

b) *Prioridad de asignación de vehículos (P_v)*

Este parámetro responde a la necesidad de obligar al vehículo subcontratado a cumplir con la mayor cantidad de actividades posible para una jornada completa de trabajo, dado que estos vehículos se pagan por día de contrato, se quiere que, de ser contratado sea usado en la mayor parte de su tiempo. El parámetro tiene un valor de cero (0) si se trata de un vehículo subcontratado y de mil (1000) si se trata del vehículo propio.

c) *Vallas no contratadas (VNC)*

Este parámetro es un conjunto de vallas que no pueden ser atendidas por los vehículos subcontratados, es decir, las vallas que tienen actividades de instalación asociadas pero que aún no han excedido el máximo de cinco días hábiles y aquellas que tienen mantenimientos correctivos diferidos asociados.

4.5.2 Función Objetivo

El modelo planteado para minimizar los tiempos de planificación de las actividades operativas y maximizar el uso de los vehículos subcontratados, posee el mismo tipo de variables descritas anteriormente, sin embargo, su función objetivo varía de acuerdo a la ecuación 4.11 donde se incluye un segundo objetivo relacionado con maximizar el uso de los vehículos subcontratados (si los hubiese)¹⁷.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{k=1}^z (t_{ij} + u_j) * X_{ijk} + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{k=1}^z p_k * X_{ijk} \quad (4.11)$$

4.5.3 Restricción Adicional

En este modelo se agregó una nueva restricción que atiente las características propias del nuevo conjunto de actividades que se toman en cuenta, es decir, los mantenimientos correctivos diferidos:

- 1) Dado que los vehículos subcontratados se agregan al modelo solo para llevar a cabo instalaciones de publicidad vencidas, entonces el grupo de vallas que requieren mantenimiento correctivo diferido y aquellas que tienen instalaciones pendientes pero que aún no están vencidas, no pueden ser atendidas por estos vehículos tal como lo expresa la condición en la ecuación 4.12.

$$\text{if } [(i, j) \in VNC] \text{ then } \sum_{k=2}^z X_{ijk} = 0 \quad \text{para } i, j = 1, \dots, n \quad (4.12)$$

4.6 Entradas del Modelo

En el modelo propuesto se hace uso de tres archivos principales (vallas, actividades y pendientes) que conserven información y permitan obtenerla cuando sea pertinente para:

- Generar dinámicamente los modelos de PLEM anteriormente descritos, según la lista de actividades pendientes por realizarse.
- Atender las prioridades de las actividades al momento de generar la planificación.
- Generar una Orden de Carretera (OC) que describa la planificación propuesta luego de ejecutar el modelo.

¹⁷ El modelo de PLEM para planificar actividades operativas minimizando los tiempos de recorrido y atención y maximizando la asignación para vehículos subcontratados (si los hubiese) está ubicado en el Apéndice E.

- Reportar las actividades que se han realizado y aquellas que no se han realizado volver a marcarlas como pendientes para ser tomadas nuevamente en la siguiente planificación diaria.
- Registrar cada actividad que se lleve a cabo, permitiendo una forma limpia y auditable de contabilizar los costos operativos reales de la empresa.

4.6.1 Vallas

Es una tabla que tiene como fin registrar todas aquellas vallas que tiene a su cargo la sucursal de Caracas y que por lo tanto atiende el depósito de Mariches, contiene 713 filas que corresponden a cada una de las vallas y una fila adicional para registrar la ubicación del depósito desde donde salen los vehículos. Las columnas están dadas por:

- Numero: que contiene un ID único utilizado para contabilizar las vallas.
- Código: Es el código que tiene cada valla, para la empresa este es, por así decirlo, el nombre de cada valla y por lo tanto será el campo de referencia para diferenciar cada registro.
- Origen: es un campo que contiene el origen empresarial de cada unidad publicitaria y es utilizado para saber los lineamientos para tratar con el pago de impuestos, visitas y arrendamiento.
- Estado, Parroquia, Municipio, Dirección: son campos dirigidos a proporcionar información más detallada de la ubicación de la valla para guiar al personal de cuadrilla que debe visitarla.
- Visual: es un registro que cumple con la necesidad de informar al personal cual es la visual de la cartelera que pertenece al código de valla y así evitar inconvenientes cuando las vallas contienen doble cartelera.
- Condición: es un campo dirigido a reflejar en líneas generales el arrendador del sitio, es decir, si la valla está ubicada en un terreno, en azotea o en la pared (sitio de acceso restringido).
- Tipo: es el tipo de valla de cada registro.
- Alto y Ancho: son las dimensiones específicas de la valla.
- Longitud y Latitud: son las coordenadas de ubicación para cada valla, utilizadas para ejecutar la Google Maps API y hallar tiempos de recorrido.
- Inicio y Fin: son los campos que pertenecen a las ventanas de tiempo que tiene asociada cada valla.

4.6.2 Actividades

Esta tabla contiene la lista de actividades de gestión operativa a vallas posibles a realizar, y está estructurada por:

- Numero: es un campo de referencia que contabiliza las actividades que actualmente están registradas.
- Código: es un campo único y se refiere al código que se le ha asignado a cada actividad (figura 4.1). Esto se llevó a cabo en la presente investigación con fines de reconocer la actividad a través de un nombre más corto. El código se genera de la siguiente forma: la primera letra corresponde al tipo de valla a la que va dirigida la actividad J: Junior, E: Estándar, D: DERG; las letras siguientes corresponden al tipo de actividad a la que se refiere I: Instalación, MC: Mantenimiento correctivo diferido de cartelera, ME: Mantenimiento correctivo diferido de estructura, MA: Mantenimiento correctivo de alrededores o contornos; luego se encuentran una serie de números que corresponden la numeración de la actividad y finalmente algunos códigos contienen una I al final y esto es porque se trata de mantenimiento correctivos diferidos asociados a vallas que también tienen instalación, poseen las mismas características que las actividades de mantenimiento sin instalación, sin embargo, tienen una prioridad más alta.
- Tipo: Se refiere específicamente al tipo de valla que está atendiendo la actividad (Junior, Estándar o DERG).
- Tiempo: es el tiempo de ejecución que se determinó para tal actividad.
- Prioridad: es un numero de 2 al 5 asignado según lo mencionado en capítulos anteriores, donde el 5 tiene la mayor prioridad y el 2 la menor.
- Instalación: es un booleano que indica si la actividad se trata de una instalación entonces es uno (1) de lo contrario es cero (0).

4.6.3 Pendientes

Este último archivo se genera para registrar las actividades que estan asociadas a cada valla y su estado durante la ejecución del modelo, contiene los campos:

- ID: es un identificador único para cada actividad.
- Código Valla: es el código de la valla a la que está asociada dicha actividad
- Código Actividad: representa el código de la actividad en concreto
- Prioridad: es generada tomando en cuenta la tabla de actividades
- Tiempo: es el tiempo de ejecución y también se crea desde la tabla de actividades.
- Fecha: es la fecha de ingreso de cada actividad.
- Estado: es el estado de la actividad durante la ejecución del modelo, este puede ser: “Pendiente” si la actividad fue ingresada y aun no es atendida, “Realizada” si la actividad fue planificada y luego

reportada su ejecución y “Realizándose” si es una de las actividades planificada para la jornada laboral actual.

La gestión de archivos para llevar a cabo el modelo se realiza a través del uso de la librería SQLite¹⁸. Tomando en cuenta que, a diferencia del sistema de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica. En lugar de eso, la biblioteca SQLite se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo. El programa utiliza la funcionalidad de SQLite a través de llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto reduce la latencia en el acceso a la base de datos, debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. El conjunto de la base de datos (definiciones, tablas, índices, y los propios datos), son guardados como un sólo fichero estándar en la máquina host, logrando un diseño simple y efectivo del manejo de datos.



Figura 4.1: Ejemplo de la formulación de un código para una actividad del modelo (JMC8). Fuente: Elaboración Propia.

4.7 Salida del Modelo

El modelo de gestión operativa genera la planificación de actividades operativas para un horizonte de tiempo de una jornada laboral (diario) y, por lo tanto, debe correrse un día antes al planificado. La programación de actividades que se genera está reflejada en una Orden de Carretera, este es el documento que recibe la cuadrilla de obreros (propia o subcontratada) para guiarse en la realización de las actividades, a continuación, se muestra la configuración de campos que debe contener una OC y por lo tanto la salida que debe generar el modelo. Es importante mencionar que la información que contiene la OC, para dicha investigación, se escogió según los requerimientos del Departamento de Operaciones (C. Hernández, comunicación personal, 13 de septiembre de 2016).

4.7.1 Orden de Carretera (OC)

La OC debe contener los siguientes campos:

¹⁸ Es un sistema de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, contenida en una relativamente pequeña biblioteca escrita en C, es de dominio público y fue creado por D. Richard Hipp (SQLite, 2017).

- Orden de visita: especifica el orden en que se va a visitar las vallas donde uno (1) es la primera valla a visitar y seguidamente se encuentra la siguiente en lista (si la hay).
- Código de valla: este campo posee el código de la valla que se va a visitar.
- Dirección, Visual y Tipo: son campos de referencia que el personal de cuadrilla junto con el Gerente de Operaciones indicó necesarios para ubicar la valla.
- Actividades a realizar: es la lista de actividades operativas que se están asignando a la valla para que el personal de cuadrilla las lleve a cabo.
- Ruta: es un link que dibuja la ruta en Google Maps que se debe seguir para llevar a cabo las actividades planificadas.

4.8 Modelo para la Gestión Operativa de Vallas

El funcionamiento del modelo propuesto para gestionar operativamente las vallas publicitarias (GOV) marca Vepaco y pertenecientes a GTM, consiste a grandes rasgos en: iniciar por orden una serie de módulos donde se gestiona la información que se requiere para luego generar los datos necesarios y correr el modelo de PLEM que genera la planificación diaria de actividades operativas. Los cuatro módulos donde se procesa información y, su respectivo orden de ejecución, se encuentran a continuación.

4.8.1 Módulo 1: Lista de Pendientes

El primer módulo que se ejecuta se conoce como “gestión de la lista de actividades pendientes”, inicia cuando el usuario ingresa cada una de las actividades pendientes para cada valla y luego automáticamente se le asigna una prioridad a la actividad de acuerdo a su clasificación por tipo (como ya se ha mencionado anteriormente), luego, se chequea si las vallas con instalaciones pendientes poseen también actividades de mantenimiento correctivo diferido pendientes y de ser afirmativa la respuesta a estos mantenimientos se les asignara una nueva prioridad mayor a la que ya manejaban.

La lista de actividades pendientes es procesada y organizada ascendentemente de acuerdo a dos lineamientos, el primero de ellos corresponde a las prioridades asignadas a cada actividad (tomando en cuenta que las actividades de prioridad dos están sobre las actividades de prioridad tres y así sucesivamente) y, el segundo parámetro de orden es el tiempo en que fue ingresada la actividad, donde un tiempo más antiguo de ingreso asegura un puesto más alto en la lista de actividades pendientes.

4.8.2 Módulo 2: Mantenimiento Correctivo de Emergencia

El siguiente modulo consiste en chequear la ocurrencia de un mantenimiento correctivo de emergencia pendiente, para ello se debe preguntar al usuario si el vehículo propio está disponible para su uso en las actividades, pues se entiende que, cuando existe un mantenimiento de este tipo el vehículo propio estará ocupado hasta que pueda resolverse la eventualidad y por lo tanto no puede ser usado en la próxima planificación diaria de actividades.

4.8.3 Módulo 3: Instalación de Publicidad

El módulo que se ejecuta a continuación, se encarga de revisar si existen instalaciones pendientes, en el caso de ser afirmativo, el sistema volverá a examinar el estado de disponibilidad del vehículo propio para saber si debe o no rentar un vehículo, pues si hay instalaciones pendientes pero el vehículo propio no está disponible, el sistema recomendará contratar un vehículo. Luego para determinar la cantidad de vehículos que deben subcontratarse, es importante comprobar la cantidad de instalaciones vencidas e inicializar el modelo de PLEM para rutear instalaciones vencidas y, así saber si pueden llevarse a cabo este tipo de actividades en un día de planificación con el vehículo propio (de estar disponible, sino está disponible debe proponerse la subcontratación un vehículo). En caso de ser negativa la respuesta, se contrata un nuevo vehículo para que pueda llevar a cabo las actividades y se pregunta nuevamente si las instalaciones vencidas pueden lograrse en el siguiente día de planificación con la cantidad de vehículos que actualmente propone el modelo.

La cantidad de vehículos que el modelo propone para llevar a cabo las actividades se muestra al usuario del programa quien verifica efectivamente cuantos vehículos usará para llevar a cabo la próxima planificación diaria de actividades e ingresa el número correspondiente. Finalmente, se agregan los tiempos que se requieren para llevar a cabo las instalaciones pendientes a los tiempos de atención para cada valla.

4.8.4 Módulo 4: Mantenimiento Correctivo Diferido

El próximo paso, es comprobar si existen actividades de mantenimiento correctivo diferido pendientes, en caso de ser afirmativa la respuesta, entonces nuevamente se verifica si el vehículo propio está disponible, si la respuesta es afirmativa entonces se agregarán las actividades de mantenimiento al tiempo total de atención de las vallas, en el caso de ser negativa la respuesta, las actividades de mantenimiento se omiten y solo se planifican las instalaciones pendientes.

Finalmente, se calculan e inicializan los datos necesarios para ejecutar el modelo de PLEM desarrollado para minimizar los tiempos de recorrido y atención a las vallas y seguidamente se ejecuta el modelo.

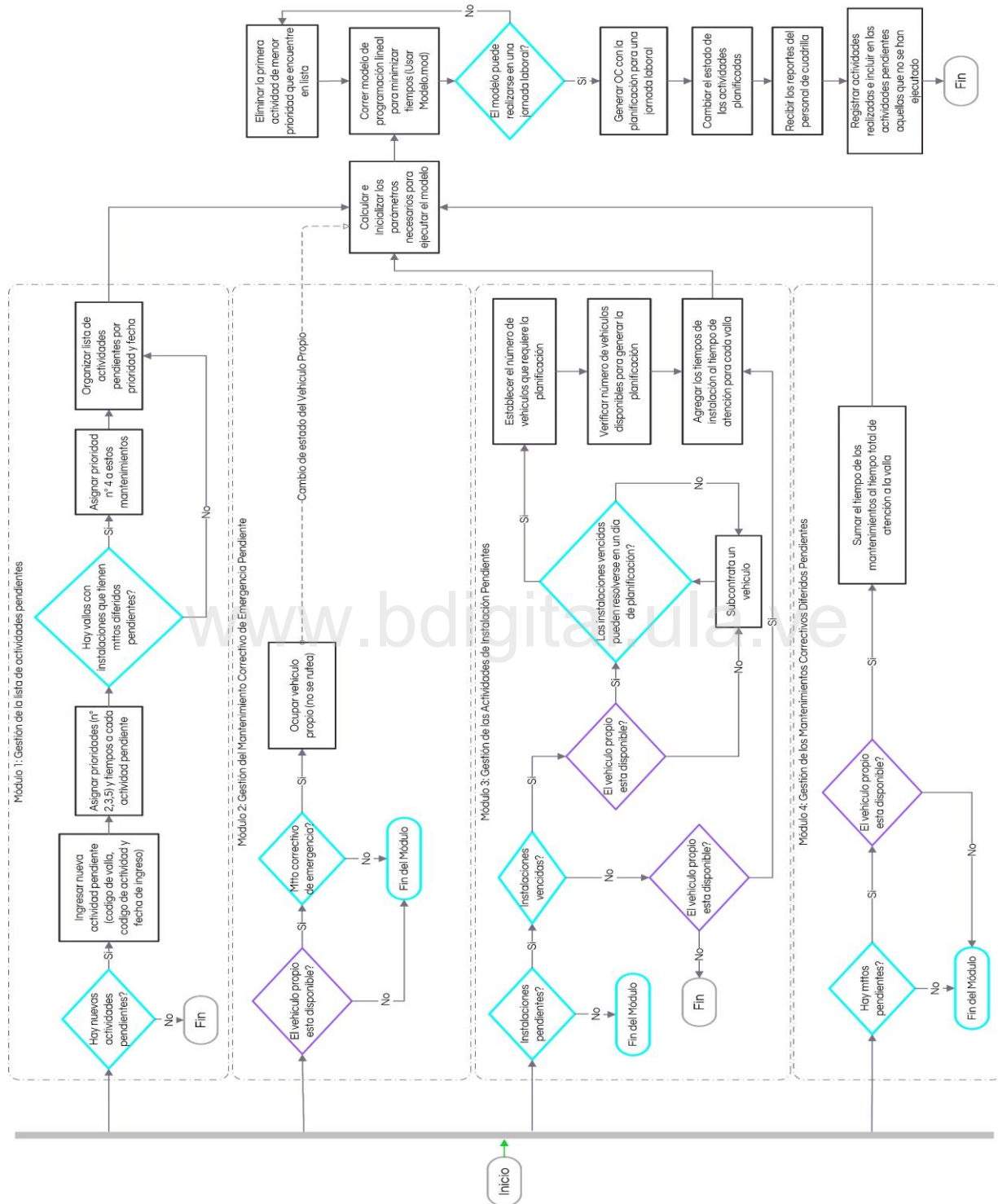


Figura 4.2: Diagrama de flujo para gestionar operativamente las vallas en GTM. Fuente: Elaboración Propia

Si es factible la ejecución del modelo significa que las actividades podrán llevarse a cabo en un día de trabajo y se generará la OC para el personal de cuadrilla, sino entonces se comienza a restar de los tiempos totales de atención a las vallas aquellas actividades con menor prioridad hasta que el modelo sea factible y, de esta manera se atienden las prioridades en la planificación de actividades.

Es importante mencionar que, una vez que el Departamento de Operaciones haya culminado su jornada laboral deben reportar los detalles de ejecución, esta información la usa el modelo para generar una nueva lista de actividades pendientes tomando en cuenta aquellas actividades que no pudo llevar a cabo el departamento de operaciones y guardando registro de las actividades que se cumplieron en totalidad.

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Capítulo 5

Resultados del Modelo

En este capítulo se describe el software resultante de la implementación del modelo operativo para vallas publicitarias según el diseño propuesto en el capítulo anterior y luego, se explica el uso del software a través de una corrida del modelo. Adicionalmente, se aplica un análisis de sensibilidad al modelo, gracias al estudio de su comportamiento en una serie de escenarios con el fin de probar que el producto de la investigación cumple con el diseño propuesto y por lo tanto con la realidad y requerimientos de la empresa.

5.1 Presentación del Programa

El modelo está implementado con: el lenguaje de programación c++ y Python para crear el menú y manejo de las herramientas usadas, el manejo de bases de datos con SQLite, el uso de una API de Google Maps para calcular los tiempos de traslado entre las vallas y la generación recursiva de los datos utilizados por la librería GLPK que, es la encargada de resolver los modelos de optimización de PLEM.

En tal sentido, la implementación del modelo desemboca en una propuesta particular para la resolución del VRP en cuestión, puesto que utiliza la recursividad para generarse permitiendo así la validez de los datos y, la elasticidad y rapidez al momento de manejar gran cantidad de información; es decir, una idea interesante para agregar inteligencia al manejo operativo de las flotas de vehículos destinados a brindar mantenimiento y atención técnica a vallas publicitarias.

El software creado para implementar el modelo corre sobre el sistema operativo Ubuntu, esto con el fin de atender a los requerimientos del equipo de tecnología y comunicación que labora en GTM. Sin embargo, algunas laptops y PC en la compañía utilizan Windows 10 y en tales casos se hace uso de una máquina virtual para utilizar el programa.

Es importante recordar que, el programa para generar una verdadera optimización en la planificación de las rutas y actividades operativas hace uso de dos modelos de PLEM, el primero de ellos calcula cuantos vehículos sub contratados son necesarios para resolver las instalaciones vencidas en una jornada laboral y, el segundo modelo genera la planificación para el personal de cuadrilla minimizando el tiempo de traslado de los vehículos y maximizando la asignación de actividades a los vehículos sub contratados. Para resolver los modelos de PLEM se utiliza la herramienta de optimización GLPK versión 4.6 (Makhorin, 2016).

GLPK se trata de un paquete de software que contiene un conjunto de rutinas escritas en lenguaje ANSI C, creado con el fin de brindar al usuario una serie de herramientas que le permitan resolver problemas de programación lineal (PL) a gran escala, programación lineal entera mixta (PLEM) y otros problemas

relacionados. Específicamente las instancias de PLEM (como es el caso de la investigación) son resueltas con el uso de un algoritmo basado en el método exacto de optimización “*branch-and-cut*”, que es un híbrido entre dos técnicas: “*branch-and-bound*” y “*cutting plane*”.

Para hacer uso del paquete de software GLPK, en la investigación, se utiliza el lenguaje de programación c++ donde se incluye la librería “*glpk.h*” en el código y se utilizan una serie de rutinas que crean y resuelven los modelos de PLEM. Esto con el fin de instanciar los problemas y luego captar los errores en la resolución (usando el sub programa “*glp_mip_status*”) para tomar medidas al respecto, por ejemplo, cuando se planifican las actividades para una jornada laboral diaria y el problema de PLEM no ha encontrado una solución óptima, entonces se elimina la actividad con menor prioridad y se vuelve a generar la data para correr nuevamente el modelo, esto se hace hasta que el modelo obtenga una solución óptima.

Cabe destacar que para formular los problemas de PLEM se utilizan dos archivos, *modelo.mod* y *modelo1.mod*, en cada uno de estos archivos se declaran cada una de las variables, parámetros, función objetivo y restricciones a utilizar, teniendo en cuenta que las variables principales del modelo son binarias. El archivo *modelo1.mod* contiene el modelo que calcula la cantidad de vehículos que deben subcontratarse para atender las instalaciones vencidas en un día de planificación y el archivo *modelo.mod* contiene el problema que genera la planificación diaria de actividades minimizando los tiempos de recorrido y atención y maximizando la asignación de instalaciones vencidas a los vehículos subcontratados (si los hubiese). Los archivos son llamados desde un archivo (*utils.h*) creado con c++ y allí a través de un traductor que proporciona GLPK son transformados a instancias que puede manejar el paquete de software.

En tal sentido, cabe destacar que luego de generar la planificación diaria para el personal de cuadrilla el programa imprime tales resultados en un archivo llamado “*OT.txt*” donde el usuario puede encontrar las actividades y la ruta que debe seguir cada uno de los vehículos usados en la planificación diaria y algunas especificaciones de guía (este diseño para la orden de carretera fue hecho en conjunto con el Gerente de Operaciones de la empresa).

A continuación, se muestra el uso y navegabilidad del software implementado, los códigos utilizados para crear el programa están disponibles para su uso en el repositorio público de GitHub¹⁹.

5.2 Uso del Programa

Para usar el modelo de gestión operativa propuesto y generar una planificación diaria de actividades, primero deben inicializarse una serie de bases de datos que guardan la información necesaria para generar y recordar los datos que necesita el modelo de PLEM. En el caso de la investigación el llenado de las bases de datos se hace a través de la lectura de dos archivos (*vallas.txt* y *actividades.txt*) y la creación de una tabla de actividades

¹⁹ El enlace para acceder al repositorio es: <https://github.com/labradorsabrina/Tesis>

pendientes, el programa transforma los archivos de texto en una base de datos inicial y, luego el usuario puede introducir una a una las nuevas actividades pendientes que desea planificar.

Es necesario recordar que el modelo debe correrse un día antes al planificado, por lo tanto, el usuario del programa en un día de trabajo debe introducir los reportes del personal de cuadrilla de las actividades que se realizaron en ese mismo día, luego ingresar (solo) las nuevas actividades pendientes (porque las actividades que ya estaban ingresadas son recordadas por el software) y finalmente correr el modelo para generar la nueva orden de carretera que será entregada a primera hora del siguiente día laboral al personal de cuadrilla, ya sea de la empresa o subcontratado, entonces el usuario del programa deberá ingresar los reportes nuevamente el día planificado e iniciar el ciclo de una corrida del algoritmo.

Con el fin de ejemplificar una corrida inicial del modelo y, detallar los elementos de salida y entrada al programa de Gestión Operativa de Vallas (GOV), se muestra a continuación como llenar la base de datos, ingresar nuevos pendientes, generar la Orden de Carretera, luego imprimirla y finalmente llevar a cabo el reporte de actividades.

```
Gestion Operativa de Vallas [GTM 2014 C.A.]

1.- Gestion de BD
2.- Gestion de Tareas Pendientes
3.- Correr el Modelo
4.- Imprimir Planificacion
5.- Reportar Actividades
6.- Salir

Opcion: █
```

Figura 5.1: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.

5.2.1 Llenar la Base de Datos

El primer paso para inicializar una serie de datos que debe contener el programa antes de correr el modelo de PLEM es llenar la base de datos, para esto se consulta primero el menú principal (figura 5.1) donde se ubica la opción 1, correspondiente a “Gestión de BD” y allí se despliega el menú de gestión de la base de datos donde se usa específicamente la opción 5, “llenado de BD con archivos (vallas.txt y actividades.txt) y, allí se crean tres tablas principales (vallas, actividades y pendientes) que conforman la base de datos del programa.

Las tablas “vallas” y “actividades” son llenadas por dos archivos de texto que están ubicados en la capeta principal del repositorio y allí, están registradas cada una de las vallas y actividades con todas las descripciones pertinentes nombradas en el apartado 4.6.1 y 4.6.2 respectivamente, estos archivos pueden ser modificados a través del uso de Microsoft Excel o Libre Office Calc, al abrir el archivo actividades.csv o vallas.csv (es decir, archivos separados por coma) puede agregar una nueva línea (tomando en cuenta el orden de la información allí contenida) y, luego guardarlo como un archivo de texto, en Windows se puede hacer a través

del blog de notas y en Ubuntu en el mismo software de Libre Office. Para llenar la tabla “pendientes” en la base de datos debe hacerse en consola y por el usuario directamente.

Luego de marcar la opción 5 en el menú de gestión de la base de datos, se imprime en consola cada uno de los registros suministrados a la base de datos y, de esta forma el usuario está seguro que el programa registró la información necesaria para recibir nuevos pendientes y generar la data para correr los modelos de PLEM.

```
Gestion de Base de Datos

1.- Insertar Valla
2.- Listar Vallas
3.- Insertar Actividad
4.- Listar Actividades
5.- Llenado de BD con archivos (vallas.txt y actividades.txt)
6.- Volver al menu anterior

Opcion: █
```

Imagen 5.2: Menú para la Gestión de la Base de Datos del Programa. Fuente: Software para la GOV.

Si se desea ingresar una valla o actividad que no esté dentro del archivo de texto pueden usarse las opciones 1 y 3 del menú respectivamente y, si por el contrario se desea corroborar las vallas o actividades que ya están ingresadas en la base de datos del programa puede utilizarse la opción 2 y 4, para mayor información en el Apéndice C se encuentra el manual de usuario del software donde hay ejemplos de cada uno de estos casos.

5.2.2 Ingresar Nuevos Pendientes

Por otra parte, luego de tener en la base de datos los registros de vallas y actividades, es momento de ingresar las nuevas actividades pendientes que se desean planificar, para esto debe regresarse al menú principal y marcar la opción 2, correspondiente a la “Gestión de Tareas Pendientes”, allí en el menú para gestionar las tareas pendientes por ejecutar se ingresa la opción 1, donde se agrega una actividad nueva a la base de datos, ingresando en la consola el código de valla, código de actividad y fecha en que la actividad es solicitada al Departamento de Operaciones (figura 5.3). Cabe acotar que a cada valla según su tipo solo puede asignársele un grupo de actividades definido.

En este caso, para llevar a cabo una corrida del programa se ingresaron una serie de actividades descritas a continuación:

- Actividad 1: Instalación de Lona Premium (DI3) para la valla con código 6772P y, con fecha: 2017-07-11.
- Actividad 2: Cambiar Sello VEPACO (DME1) para la valla con código 6773P y, con fecha: 2017-07-11.

- Actividad 3: Instalación de lona (DI1) para la valla con código 6773P y, con fecha: 2017-07-06.
- Actividad 4: Instalación de Vinil Premium (EI4) para la valla con código 5552C y, fecha: 2017-07-09.
- Actividad 5: Engomar marcos (EMC1) para la valla con código 5552C y, fecha: 2017-07-09.
- Actividad 6: Pegar Marcos (EMC2) para la valla con código 5552C y, fecha: 2017-07-09.
- Actividad 7: Instalación Vinil Regular (JI1) para la valla con código CCSB29002 y, fecha: 2017-07-10.
- Actividad 8: Instalación Vinil Premium (JI2) para la valla con código CCSB29001 y, fecha: 2017-07-01.

Menu de las Tareas Pendientes Por Ejecutar

- 1.- Insertar Pendiente
- 2.- Listar pendientes por realizarse
- 3.- Informacion de Ayuda
- 4.- Link del Mapa de vallas
- 5.- Volver al menu anterior

Opcion: 1

Insertar nuevo pendiente

CODIGO_VALLA: 6772P

CODIGO_ACTIVIDAD: DI3

FECHA (YYYY-MM-DD): 2017-07-11

Figura 5.3: Ejemplo de ingreso de una nueva actividad al sistema. Fuente: Software para la GOV.

Opcion: 2

Listar pendientes por realizarse

ID: 1

VALLA: 6772P

ACTIVIDAD: DI3 ---> Instalacion Lona Premium

PRIORIDAD: 2

TIEMPO: 153 minutos

FECHA: 2017-07-11

ID: 4

VALLA: 5552C

ACTIVIDAD: EI4 ---> Instalacion Vinil Premium

PRIORIDAD: 2

TIEMPO: 98 minutos

FECHA: 2017-07-09

ID: 8

VALLA: CCSB29001

ACTIVIDAD: JI2 ---> Instalacion Vinil Premium

PRIORIDAD: 2

TIEMPO: 92 minutos

FECHA: 2017-07-01

ID: 3

VALLA: 6773P

ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalacion Lona

PRIORIDAD: 3

TIEMPO: 153 minutos

FECHA: 2017-07-06

ID: 7

VALLA: CCSB29002

ACTIVIDAD: JI1 ---> Instalacion Vinil Regular

PRIORIDAD: 3

TIEMPO: 92 minutos

Figura 5.4: Extracto de la lista ordenada de pendientes con prioridades. Fuente: Software para la GOV.

Para corroborar que la lista de actividades pendientes haya sido ingresada con éxito se usa la opción 2 que despliega la lista de actividades pendientes organizada según prioridad y fecha. Dado que el ingreso de nuevos pendientes requiere que el usuario del sistema conozca la lista de vallas y la lista de actividades se hace necesario agregar al repositorio una carpeta que contiene una serie de archivos donde se guarda información de ayuda, la carpeta tiene el nombre de “Ayuda” y estos archivos pueden ser abiertos en cualquier editor de texto como guía mientras que el usuario está utilizando la consola para compilar el programa. Además, el usuario tiene la posibilidad de acceder a un menú que despliega información de ayuda donde se encuentran las listas de vallas por tipo de valla, las listas de actividades por tipo de valla a la que atienden y una opción para acceder a la información de una valla a través de su código (figura 5.5 y 5.6), allí puede copiar la información de códigos que necesite y pegarla luego cuando ingrese el nuevo pendiente.

Adicionalmente, en la opción 4 del menú de tareas pendientes se puede acceder al link donde se guarda el mapa de vallas para chequear la ubicación en Google Maps de alguna determinada valla o su código, con solo darle clic sobre el link el abrirá en el navegador predeterminado (figura 5.7).

```

Informacion de Ayuda para Pendientes
1.- Actividades para vallas JUNIOR
2.- Actividades para vallas ESTANDAR
3.- Actividades para vallas DERG
4.- Codigos de vallas tipo JUNIOR
5.- Codigos de vallas tipo ESTANDAR
6.- Codigos de vallas tipo DERG
7.- Consultar codigo de valla
8.- Volver al menu anterior
Opcion: 1

Actividades para vallas JUNIOR

Codigo: JI1 --> Instalacion Vinil Regular
Codigo: JI2 --> Instalacion Vinil Premium
Codigo: JMA1 --> Corte Monte
Codigo: JMC1 --> Engomar Marcos
Codigo: JMC10 --> Lavar Pantalla
Codigo: JMC11 --> Pintar Marco Metalico

```

Figura 5.5: Menú para imprimir en consola información de ayuda y extracto de opción 1, actividades para vallas tipo Junior. Fuente: Software para la GOV.

```

Codigos de vallas tipo JUNIOR

Codigo: 6806I
Direccion: DISTRIBUIDOR PANAMERICANA ACCESO DE CARACAS HACIA LOS TEQUES
GoogleMaps: https://www.google.co.ve/maps/dir/10.44378,-66.93374/

Codigo: 6804I
Direccion: DISTRIBUIDOR PANAMERICANA ACCESO DE CARACAS HACIA LOS TEQUES
GoogleMaps: https://www.google.co.ve/maps/dir/10.44378,-66.93374/

Codigo: IMAGEN021
Direccion: AUTOPISTA FCO. FAJARDO VIA CARICUAO. DELANTE DEL PUENTE 9 DE DICIEMBRE.
CONJUNTO RESIDENCIAL EL PARAISO
GoogleMaps: https://www.google.co.ve/maps/dir/10.48876,-66.93894/

Codigo: CCSB30003
Direccion: ENTRADA URB. VISTA ALEGRE. DESDE LA AUTOP. FCO. FAJARDO
GoogleMaps: https://www.google.co.ve/maps/dir/10.48646,-66.94824/

Codigo: CCSB04007
Direccion: FINAL AUTOP. FCO. FAJARDO. VIA CARICUAO. LADO DERECHO. VIA CARICUAO

```

Figura 5.6: Extracto de opción 4, códigos de vallas tipo Junior. Fuente: Software para la GOV.

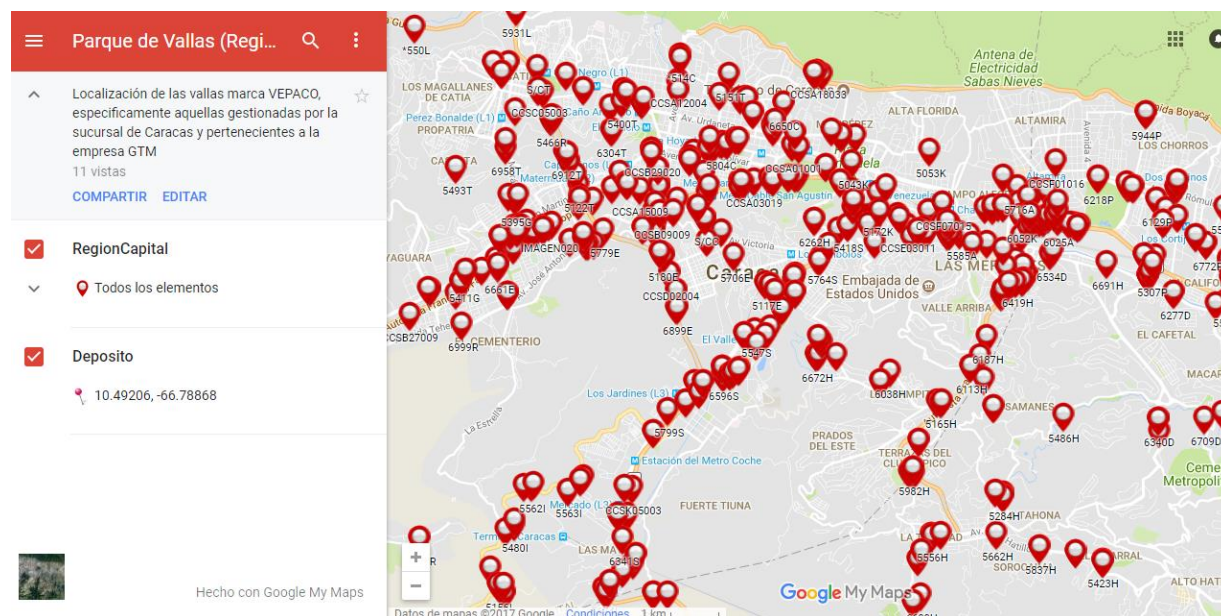


Figura 5.7: Extracto de mapa del parque de vallas, el link está ubicado en la opción 4 del menú de actividades pendientes. Fuente: Google Maps.

5.2.3 Generar la OC

Luego de haber ingresado la lista de nuevas actividades pendientes para las vallas, se procede a volver al menú principal y utilizar la opción 3, que corresponde a correr el modelo. Al utilizar esta opción el programa comienza a procesar la información necesaria para correr el modelo de PLEM que genera la planificación de actividades, primero se debe ingresar la disponibilidad del vehículo (figura 5.8), haciendo uso de la letra “S o s” se indica al programa que el vehículo está disponible y en buen estado para llevar a cabo la planificación del día y “N o n” indica que el vehículo de la empresa está ocupado o en mal estado. Es importante mencionar que en caso de no tener el vehículo propio disponible el programa igualmente calcula la cantidad de vehículos subcontratados necesarios para llevar a cabo las instalaciones vencidas.

A continuación, si el vehículo propio está disponible, el programa pide al usuario que ingrese la ocurrencia de mantenimientos correctivos de emergencia (figura 5.8), es decir, si existen retiros de aviso pendientes para cualquier valla, en el caso de existir este tipo de mantenimientos y estar planificados para atenderse debe ingresar “S o s”, de lo contrario debe ingresar “N o n”. Si se notifica al programa que existe un mantenimiento correctivo de emergencia este anula la disponibilidad del vehículo propio para la planificación, esto con el fin de atender a tales mantenimientos con la debida prioridad del caso.

Una vez ingresada la información anterior, el programa calcula la cantidad de vehículos subcontratados necesarios para llevar a cabo las instalaciones vencidas de acuerdo a una serie de datos

procesados desde su base de datos actual que se envían al modelo de PLEM codificado en el archivo modelo1.mod.

El software le sugiere al usuario una cantidad de vehículos que debería subcontratar para cumplir las instalaciones vencidas en un día de planificación (figura 5.9) y, el usuario ingresa la cantidad de vehículos según la disponibilidad real para subcontratos.

Al finalizar esta etapa el programa crea un archivo llamado OC.txt donde estará toda la información necesaria para que el personal de cuadrilla pueda cumplir con la planificación generada por el modelo de PLEM y, regresa al menú principal.

```
-----> Generar Planificacion Diaria <-----  
El vehiculo propio esta disponible? (SI=S,N0=N): S  
Se necesita desmontar un aviso? (SI=S,N0=N): N
```

Figura 5.8: Ejemplo de la pregunta en consola sobre disponibilidad de vehículos. Fuente: Software para la GOV.

```
Se sugiere subcontratar --> 1 <-- vehiculos  
Cuantos vehiculos se van a subcontratar?: 1
```

Figura 5.9: Ejemplo de la pregunta en consola sobre cantidad de vehículos. Fuente: Software para la GOV.

5.2.4 Imprimir la OC

Ahora el programa está ubicado en el menú principal y el usuario debe ingresar la opción 4 para imprimir el archivo generado por el sistema según el resultado del modelo. Esta opción dirige al usuario a un editor de texto con el archivo OT.txt abierto, allí puede imprimir la orden o simplemente leerla, si desea enviarla por correo debe adjuntar el archivo de texto en el manejador de correos de preferencia.

La orden de carretera contiene la fecha en que se está generando la planificación y se asume que será entregada el próximo día laborable al personal de cuadrilla, luego organiza las visitas del personal según el vehículo al que le corresponde la visita y luego según el orden de visita que le corresponde a la valla, para cada valla a visitar se muestra el código de valla, la dirección, la visual, el tipo de valla y las actividades que deben realizarse en la visita, luego se muestra un link que dibuja la ruta en Google Maps que debe seguir el vehículo para llevar a cabo las visitas en el día planificado. En la figura 5.11 se encuentra un extracto de como se ve el programa cuando abre el archivo de texto en gedit y en la figura 5.12 se encuentra un ejemplo de la visual en google Chrome del link generado en la orden de carretera.

En el caso que se está tratando solo hay dos instalaciones vencidas y por lo tanto pueden resolverse en un día de planificación (actividades 3 y 8), sin embargo, para ejemplificar mejor la orden de carretera se ingresó un vehículo subcontratado adicional. A continuación, en la figura 5.10 se muestra la planificación generada por el programa, es decir, el contenido del archivo OC.txt.

Fecha: miércoles, 12 de abril de 2017
Hora: 2:46

** vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1
Código de Valla: 6772P
Dirección: AV FCO MIRANDA C/C GUTIERREZ RES LA CALIF VIA L RUICES SECT CALIF NORT L/I
Visual: E-O
Tipo: DERG
Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,
--> Orden de Visita: 2
Código de Valla: CCSB29002
Dirección: AV. SAN MARTIN. ESQUINA DE ANGELITOS. AZOTEA PANADERIA REINA DEL CENTRO
Visual: O-E
Tipo: Junior
Actividades a Realizar: Instalación Vinil Regular,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.485272,-66.8216613/10.50185,-66.92111/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1
Código de Valla: 5552C
Dirección: AV. ESTE 12 C/SUR 5. ESQUINA EL VIENTO. AZOTEA DEL CENTRO. C.C. LOS PORTALES DEL VIENTO
Visual: E-O
Tipo: Estándar
Actividades a Realizar: Instalación Vinil Premium,
--> Orden de Visita: 2
Código de Valla: CCSB29001
Dirección: AV. SAN MARTIN. ESQUINA DE ANGELITOS. AZOTEA PANADERIA REINA DEL CENTRO
Visual: O-E
Tipo: Junior
Actividades a Realizar: Instalación Vinil Premium,
--> Orden de Visita: 3
Código de Valla: 6773P
Dirección: AV FCO MIRANDA C/C GUTIERREZ RES LA CALIF VIA PETARE SECT CALIF NORT L/D
Visual: E-O
Tipo: DERG
Actividades a Realizar: Instalación Lona,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4978,-66.91165/10.501185,-66.92111/10.4852589,-66.8217874/10.4920607,-66.7886889>

Figura 5.10: Ejemplo de archivo OC.txt creado por el programa. Fuente: Software para la GOV.

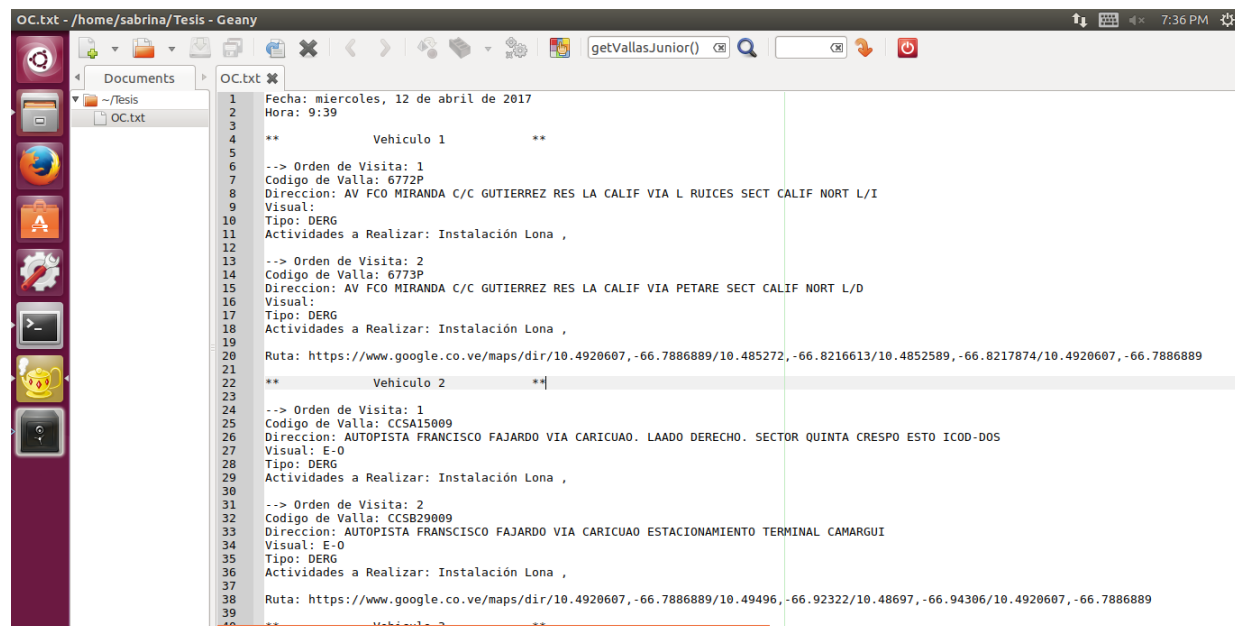


Figura 5.11: Extracto del resultado de la opción 4 del menú principal, impresión de la planificación. Fuente: Gedit.

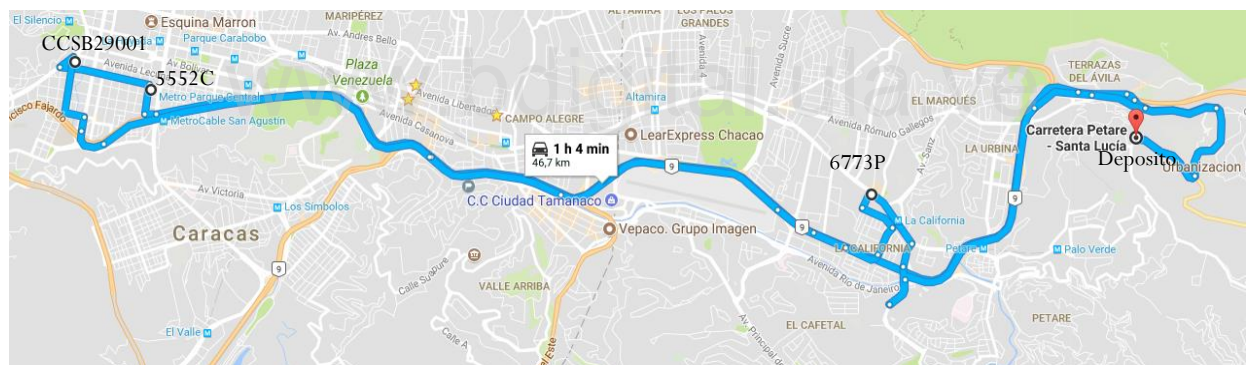


Figura 5.12: Resultado del Link de la ruta para el vehículo 2 en OT.txt, junto con la marca de las vallas y el deposito sobre la ubicación. Fuente: Google Maps.

Menu para Reportar Actividades

- 1.- Listar actividades planificadas
 - 2.- Ingresar Actividad Realizada
 - 3.- Ingresar Actividad No Realizada
 - 4.- Suspendida la Jornada Laboral
 - 5.- Listar actividades pendientes
 - 6.- Listar actividades realizadas
 - 7.- Volver al menu anterior
- Opcion: 2

Insertar ID de Actividad Realizada --> █

Figura 5.13: Menú para reportar las actividades realizadas o no. Fuente: Software para la GOV.

5.2.5 Reportar Actividades

Una vez que se ha generado la OC el usuario debe esperar que culmine la jornada laboral planificada e ingresar las actividades que se han llevado a cabo y aquellas que han quedado pendientes por no poderse realizar en el horizonte de tiempo planificado según la información que entregue el personal de cuadrilla.

En general, el reporte de actividades está pensado en función de cambiar el estado de las actividades, de forma que el programa pueda recordar la lista de actividades pendientes que aún no se han ejecutado para próximas corridas y grabar la lista de actividades ejecutadas para que al final de mes pueda llevarse a cabo una auditoria de actividades operativas.

Para llevar a cabo el reporte de actividades se debe ingresar nuevamente a la consola donde está ubicado el menú principal y allí se marca la opción 5, que despliega el menú de reportes (figura 5.13), donde inicialmente se marca la opción 1 para listar las actividades planificadas para la jornada laboral (en el caso de la corrida actual las actividades planificadas están en la figura 5.14). Posteriormente, se utiliza la opción 2 para ingresar el ID de las actividades planificadas que fueron llevadas a cabo por el personal de cuadrilla en la jornada laboral o se marca la opción 3 para ingresar el ID de una actividad que no fue llevada a cabo en el día planificado. El reporte de actividades debe hacerse para cada una de las actividades planificadas y luego para corroborar puede enlistar las actividades que han quedado pendientes para una futura corrida del modelo y aquellas que han quedado registradas como realizadas para una próxima auditoria.

ID: 1 VALLA: 6772P ---> ACTIVIDAD: DI3 PRIORIDAD: 2 TIEMPO: 153 minutos FECHA: 2017-07-11 ESTADO: Realizándose ID: 3 VALLA: 6773P ---> ACTIVIDAD: DI1 PRIORIDAD: 3 TIEMPO: 153 minutos FECHA: 2017-07-06 ESTADO: Realizándose ID: 4 VALLA: 5552C ---> ACTIVIDAD: EI4 PRIORIDAD: 2 TIEMPO: 98 minutos FECHA: 2017-07-09 ESTADO: Realizándose	ID: 7 VALLA: CCSB29002 ---> ACTIVIDAD: JI1 PRIORIDAD: 3 TIEMPO: 92 minutos FECHA: 2017-07-10 ESTADO: Realizándose ID: 8 VALLA: CCSB29001 ---> ACTIVIDAD: JI2 PRIORIDAD: 2 TIEMPO: 92 minutos FECHA: 2017-07-01 ESTADO: Realizándose
---	---

Figura 5.14: Lista de las actividades planificadas (opción 1 del menú de reportes). Fuente: Software para la GOV.

En la corrida actual se marcaron como realizadas las actividades que llevo a cabo el vehículo subcontratado, es decir, los ID 3, 4 y 8. Y, se ingresa las actividades del vehículo propio de la empresa como no realizadas es decir los ID 1 y 7. Luego, al utilizar la opción 5 se listan las actividades pendientes donde, quedan registradas las actividades 1, 7 y el resto de actividades que no fueron planificadas (figura 5.15), mientras que en la lista de las actividades realizadas (opción 6) solo se encuentran las actividades con ID 3, 4 y 8 (figura 5.16).

Finalmente es necesario hacer referencia a la opción 4 del menú de reportes correspondiente a “suspendida la jornada laboral”, esta opción está pensada para que el usuario pueda de forma rápida indicarle al programa que ninguna de las actividades planificadas fue llevada a cabo, por lo tanto, el software cambia el estado de tales actividades nuevamente a pendiente y se registran para una nueva corrida del programa.

```
Opcion: 5
Actividades pendientes por realizar:
ID: 1
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DI3 ---> Instalacion Lona Premium
PRIORIDAD: 2
TIEMPO: 153 minutos
FECHA: 2017-07-11

ID: 7
VALLA: CCSB29002
ACTIVIDAD: JI1 ---> Instalacion Vinil Regular
PRIORIDAD: 3
TIEMPO: 92 minutos
FECHA: 2017-07-10

ID: 2
VALLA: 6773P
ACTIVIDAD: DME1 ---> Cambiar Sello VEPACO
PRIORIDAD: 5
TIEMPO: 30 minutos
FECHA: 2017-07-11

ID: 5
VALLA: 5552C
ACTIVIDAD: EMC1 ---> Engomar Marcos
PRIORIDAD: 5
```

Figura 5.15: Extracto de la lista de actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.

```
Opcion: 6
Actividades Realizadas:
ID: 3
VALLA: 6773P ---> ACTIVIDAD: DI1
PRIORIDAD: 3
TIEMPO: 153 minutos
FECHA: 2017-07-06
ESTADO: Listo

ID: 4
VALLA: 5552C ---> ACTIVIDAD: EI4
PRIORIDAD: 2
TIEMPO: 98 minutos
FECHA: 2017-07-09
ESTADO: Listo

ID: 8
VALLA: CCSB29001 ---> ACTIVIDAD: JI2
PRIORIDAD: 2
TIEMPO: 92 minutos
FECHA: 2017-07-01
ESTADO: Listo
```

Figura 5.16: Lista de actividades realizadas (opción 6 del menú de reportes). Fuente: Software para la GOV.

5.3 Implementación del Programa

Con el fin del probar la funcionalidad del modelo desarrollado, se simuló la planificación de las actividades operativas que llevó a cabo la empresa para la mitad del mes de mayor demanda en el año 2016, es decir, el mes de noviembre donde se generaron una serie de requerimientos de instalación y, para efectos de la investigación se tomó como caso de estudio la planificación de todas las actividades generadas en el periodo comprendido desde la fecha 01-11-2016 hasta 18-11-2016. Los costos operativos de llevar a cabo tales actividades no pueden reflejarse en la investigación por motivos organizacionales, por lo tanto, se hacen las comparaciones entre el resultado del modelo y el comportamiento del sistema real a través de las variables del modelo que reflejan costos implícitamente, específicamente la cantidad de vehículos subcontratados usados y el tiempo en que se llevaron a cabo las actividades.

A continuación, se describe la bitácora de nuevas actividades pendientes para la mitad del mes de noviembre de 2016, cabe destacar que los días donde no se presentaron nuevos requerimientos no están incluidos en la descripción.

Día 1: 01/11/2016

1. Venta Premium a INVERSHOW 0507, C.A de las vallas estándar 5000C y 5001C, adicionalmente estas vallas tenían pendientes un blanqueamiento, la pintura de la base, el corte de monte de los alrededores, raspar la pantalla, pintar la pantalla e instalar un nuevo sello, es necesario mencionar que estas vallas tienen una misma estructura y que una corresponde a la cada derecha de la estructura y la otra a la cara izquierda.
2. Venta a la agencia de publicidad INVERSHOW 0507 de un circuito conformado por 10 vallas:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5005R	DERG	Instalación de lona, cambio de sello
5008R	Estándar	Instalación de lona, Retiro de lona
5020H	DERG	Instalación de lona, Raspado de pantalla
5035C	Estándar	Instalación de lona, Pintar base
5046G	Estándar	Instalación de lona, Pintar base
5048S	Estándar	Instalación de lona, Pintar base
5053K	Estándar	Instalación de lona, Pintar base
6772P	DERG	Instalación de lona, Pintar base, Retiro de lona
5076A	DERG	Instalación de lona, Pintar base, Raspar Juego de Paneles Doble
5079A	DERG	Instalación de lona, Pintar base, Raspar Juego de Paneles Doble

Tabla 5.1: Actividades del día 01/11/2016. Fuente: INVERSHOW 0507.

Día 3: 03/11/2016

1. Venta a CREATIVE LUX, C. A de 5 vallas:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5121T	DERG	Instalación de lona, Retiro de lona
5122T	DERG	Instalación de lona, Retiro de lona
5136C	Estándar	Instalación de lona, Raspado de pantalla
5144K	DERG	Instalación de lona, Pintar base, Retirar Lona
5161R	Estándar	Instalación de lona

Tabla 5.2: Actividades del día 03/11/2016, CREATIVE LUX, C. A. Fuente: Elaboración Propia.

2. Venta a TARGET, C.A de dos vallas:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5192P	DERG	Instalación de lona Premium
5217H	DERG	Instalación de lona Premium

Tabla 5.3: Actividades del día 03/11/2016, TARGET, C.A. Fuente: Elaboración Propia.

Día 5: 07/11/2016

1. Venta de una valla a ANTHONY CIARDIELLO NASTRI

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5336H	Estándar	Instalación de lona Premium

Tabla 5.4: Actividades del día 07/11/2016, ANTHONY CIARDIELLO NASTRI. Fuente: Elaboración Propia.

Día 7: 09/11/2016

1. Venta a BANCO DE DESAROLLO ECONOMICO Y SOCIAL DE VZLA de un circuito de 10 vallas.

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5341I	Estándar	Instalación de lona, Reparar marco
5383E	Estándar	Instalación de lona, Retiro de lona
5384E	Estándar	Instalación de lona, Raspar Paneles
5400T	Estándar	Instalación de lona
5407M	DERG	Instalación de lona, Corte de monte
5443R	Estándar	Instalación de lona, Retirar Lona
5465A	DERG	Instalación de lona, Raspar Juego de Paneles Dobles, cambiar sello
6084R	Estándar	Instalación de lona

5076A	DERG	Instalación de lona, cambiar base, Raspar Juego de Paneles Doble
5079A	DERG	Instalación de lona, Pintar Juego de Paneles Dobles, Raspar Juego de Paneles Doble

Tabla 5.5: Actividades del día 09/11/2016, BANCO DE DESAROLLO ECONOMICO Y SOCIAL DE VZLA. Fuente: Elaboración Propia.

Día 10: 14/11/2016

1. Venta de circuito de 5 vallas a SPAZIO DI CASA (SPAZIO CCS), C.A:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5529C	Estándar	Instalación de lona Premium, Raspar Paneles
5565A	DERG	Instalación de lona Premium, Corte de monte
5570D	DERG	Instalación de lona Premium, Raspar Juego de Paneles Doble
5585A	DERG	Instalación de lona Premium, Retiro de Lona
5603A	Estándar	Instalación de lona Premium, Pintar base

Tabla 5.6: Actividades del día 14/11/2016, SPAZIO DI CASA (SPAZIO CCS), C.A. Fuente: Elaboración Propia.

Día 12: 16/11/2016

1. Venta de circuito de 5 vallas a VIVIR SEGUROS, C.A:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5684R	DERG	Instalación de lona, corte de monte
5696S	DERG	Instalación de lona
5702H	DERG	Instalación de lona, Raspar Juego de Paneles Doble
5762I	DERG	Instalación de lona, Instalar Juego de Paneles
5805R	DERG	Instalación de lona, Cambiar sello

Tabla 5.7: Actividades del día 16/11/2016, VIVIR SEGUROS, C.A. Fuente: Elaboración Propia.

Día 14: 18/11/2016

1. Venta de circuito de 15 vallas a EUROPERFUMES DE VENEZUELA 2004, C.A:

<i>Vallas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Actividades</i>
5837H	DERG	Instalación de lona, cambio de sello
5842S	Estándar	Instalación de lona, Reparar marco
5916P	Estándar	Instalación de lona, Pegar Marcos
5917P	Estándar	Instalación de lona, Pintar base
5919P	Estándar	Instalación de lona, Retirar Lona
5921P	Estándar	Instalación de lona

5977A	Estándar	Instalación de lona, corte de monte
5982H	DERG	Instalación de lona, Raspar Juego de Paneles Doble
5987D	DERG	Instalación de lona
5992D	DERG	Instalación de lona

Tabla 5.8: Actividades del día 16/11/2016, EUROPERFUMES DE VENEZUELA 2004, C.A. Fuente: Elaboración Propia.

Puesto que la investigadora estuvo presente para las fechas en que se está simulando el modelo en el Departamento de Operaciones de la empresa GTM, al momento de reportar las actividades se tomó en cuenta la situación climática real del día, la disponibilidad real del vehículo de la empresa y la cantidad máxima de dos (2) vehículos subcontratados por día (según recomendación del Gerente de Operaciones).

Cabe resaltar que las actividades de instalación fueron ingresadas al modelo con la fecha correspondientes a la venta de las unidades mientras que las actividades de mantenimiento son ingresadas con fechas previas por encontrarse pendientes al momento de ingresar las nuevas instalaciones. El reporte de actividades se lleva a cabo luego de cada jornada laboral, a continuación, se muestran las consideraciones y resultados principales de la simulación del modelo:

- El día 08/11/2016 no se tomó en cuenta la sugerencia de vehículos subcontratados que calculo el programa pues en tal la fecha el Departamento de Operaciones no contó con el permiso del Departamento de Gerencia Administrativa para subcontratar vehículos.
- El día 09/11/2016 no se pudo llevar a cabo ninguna actividad pues la lluvia torrencial no permitió ninguna visita.
- El día 15/11/2016 el personal de cuadrilla no estuvo disponible porque llevo a cabo un retiro de aviso hasta el 17/11/2016 por lo tanto el día 18/11/2016 estuvo nuevamente disponible el vehículo de la empresa.
- El día 21/11/2016 no estuvo disponible el vehículo propio por tener dañado un caucho hasta que salió del taller y estuvo disponible para el día 25/11/2016.
- Durante el periodo simulado la empresa llevo a cabo dos reinstalaciones que agregaron costos adicionales inesperados y fueron ocasionadas por la dificultad al momento de manejar la gran cantidad de instalaciones y actividades pendientes por parte del personal de cuadrilla.
- La implementación del modelo fue el paso decisivo para establecer las verdaderas prioridades en las actividades operativas, pues las llamadas actividades especiales son aquellas que el Gerente de Operaciones manifestó que debían realizarse antes que se llevaran a cabo las instalaciones para que la valla estuviera en buen estado al momento de exhibir la publicidad, sin embargo, estas actividades se ven forzadas a realizarse solo cuando entra en juego una instalación en conjunto.

- El resto de días simulados se asume que tanto el vehículo propio como los subcontratados pudieron llevar a cabo todas las actividades planificadas para el día laboral.
- Los vehículos subcontratados en la simulación tienen el siguiente orden: dos en la fecha 07/11/2016, dos en la fecha 14/11/2016, uno en la fecha 15/11/2016, uno en la fecha 16/11/2016, uno en la fecha 17/11/2016, uno en la fecha 21/11/2016, uno en la fecha 22/11/2016, dos en la fecha 23/11/2016 y finalmente dos en la fecha 24/11/2016.
- Al simular la asignación de las actividades pendientes se observa que el programa deja rezagadas las actividades de mantenimiento correctivo pues son las de menor prioridad, en la realidad esto ocurre de la misma forma y es por esta misma razón que actualmente hay una gran cantidad de vallas inactivas. Por lo tanto, se recomienda al Departamento de Operaciones evaluar con mayor detenimiento las prioridades de los mantenimientos correctivos para buscar darles una mayor importancia dentro de las operaciones.
- La empresa llevo a cabo la totalidad de las actividades ingresadas al modelo en un plazo comprendido entre el 01/11/2016 hasta el 09/12/2016 y subcontrato una totalidad de 15 vehículos durante toda la realización de actividades, mientras que la simulación de las actividades tomando en cuenta los resultados del modelo se cumplió entre las fechas 01/11/2016 y 29/11/2016, durante la simulación se hizo uso de una cantidad total de vehículos subcontratados de 13 vehículos sub contratados, por lo tanto los resultados de la simulación de la planificación para las actividades operativas según el modelo propuesto han demostrado que el modelo es una solución factible a la problemática que se presenta actualmente en el Departamento de Operaciones.
- El extracto de las OC generadas (organizadas por fechas) durante la simulación se encuentra en el Apéndice D de la presente investigación.

5.4 Análisis de Sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se busca demostrar que, ante la incorporación de datos ilógicos, que contradicen las restricciones del modelo y que a su vez desde el punto de vista físico no son posibles, el modelo ofrezca las respuestas esperadas. Para aplicar el análisis de sensibilidad en el presente estudio se analizaron diferentes escenarios como se muestran a continuación.

5.2.1 Escenario 0: Valores Ilógicos

En este escenario se ingresan una serie de parámetros que son ilógicos o no son factibles y por lo tanto el modelo no puede aceptarlos. El primer caso ocurre al intentar correr el modelo sin ningún tipo de actividad

pendiente ingresada, para este caso el mensaje de error se detalla en la figura 5.17, pues cuando no hay actividades pendientes nada puede planificarse.

En el segundo caso se intenta ingresar un nuevo pendiente y se usa un código de valla que no está dentro de la base de datos, esto no es permitido por lo que no se conoce nada acerca de la nueva valla. El mensaje de error para este caso se observa en la figura 5.18.

```
** ERROR: No hay actividades pendientes por planificar **
**Error en la Construccin de la Data para el modelo de PLEM **
```

Figura 5.17: Error al intentar correr el modelo sin actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.

Menu de las Tareas Pendientes Por Ejecutar

- 1.- Insertar Pendiente
- 2.- Listar pendientes por realizarse
- 3.- Informacion de Ayuda
- 4.- Link del Mapa de vallas
- 5.- Volver al menu anterior

Opcion: 1

Insertar nuevo pendiente

CODIGO_VALLA: AB224

** Error: este codigo de valla es invalido **

Figura 5.18: Error al intentar introducir un código de valla que no pertenece a la Base de Datos. Fuente: Software para la GOV.

En el tercer caso se intenta introducir un código de actividad que no está registrado en la base de datos del programa y el mensaje de error se muestra en la figura 5.19, seguidamente se introduce una fecha de creación de la actividad pendiente mayor a la fecha actual, es ilógico que la actividad sea creada un día posterior al día actual (figura 5.20), por el contrario si se pueden ingresar actividades con fechas inferiores pues puede tratarse de un retardo del usuario al momento de ingresar de la actividad.

Para el siguiente caso se inserta un código de valla y un código de actividad validos pues están registrados en la base de datos, sin embargo, cada valla según su tipo puede tener asociada un grupo específico de actividades, es decir que, a las vallas tipo DERG solo se les puede asignar actividades definidas para este tipo de vallas y así para el resto de tipos (junior, estándar), esto es a causa de la diferencia entre los tiempos para atender una valla junior y una DERG, adicionalmente se diferencias por una serie de especificaciones físicas a las que atienden las actividades propias de cada tipo de valla. El mensaje de error se muestra en la figura 5.21.

En siguiente caso se intenta listar las actividades pendientes aún sin haber ingresado ningún registro, por lo tanto, con la lista vacía (figura 5,22).

```

1.- Insertar Pendiente
2.- Listar pendientes por realizarse
3.- Informacion de Ayuda
4.- Link del Mapa de vallas
5.- Volver al menu anterior

Opcion: 1

Insertar nuevo pendiente
CODIGO_VALLA: 6772P
CODIGO_ACTIVIDAD: JM778
** Error: este codigo de actividad es invalido **

```

Figura 5.19: Error al asignar un código de actividad que no pertenece a la base de datos del programa. Fuente: Software para la GOV.

```

Menu de las Tareas Pendientes Por Ejecutar

1.- Insertar Pendiente
2.- Listar pendientes por realizarse
3.- Informacion de Ayuda
4.- Link del Mapa de vallas
5.- Volver al menu anterior

Opcion: 1

Insertar nuevo pendiente
CODIGO_VALLA: 6773P
CODIGO_ACTIVIDAD: DI1
FECHA (YYYY-MM-DD): 2017-07-15

** ERROR: No se puede insertar actividad **
La fecha de ingreso es incorrecta, es mayor a la fecha actual

```

Figura 5.20: Error al intentar introducir una fecha mayor a la fecha actual. Fuente: Software para la GOV.

```

2.- Listar pendientes por realizarse
3.- Informacion de Ayuda
4.- Link del Mapa de vallas
5.- Volver al menu anterior

Opcion: 1

Insertar nuevo pendiente
CODIGO_VALLA: 6772P
CODIGO_ACTIVIDAD: JMC11
FECHA (YYYY-MM-DD): 2017-07-11

** ERROR: No se puede insertar actividad **
En este tipo de valla no puede llevarse a cabo esta actividad
La Actividad JMC11 : Pintar Marco Metálico
solo puede ser asignada a las vallas tipo: Junior

```

Figura 5.21: Error al asignar una actividad para vallas tipo Junior a una valla tipo DERG. Fuente: Software para la GOV.

```

Menu de las Tareas Pendientes Por Ejecutar

1.- Insertar Pendiente
2.- Listar pendientes por realizarse
3.- Informacion de Ayuda
4.- Link del Mapa de vallas
5.- Volver al menu anterior

Opcion: 2

Listar pendientes por realizarse

** Error: Introduzca al menos una actividad pendiente **

```

Figura 5.22: Error al intentar listar actividades pendientes si la lista está vacía. Fuente: Software para la GOV.

Luego se introduce una actividad pendiente que corresponde a una instalación de lona Premium (DI3) para la valla con código 6772P y, fecha: 2017-07-11. Seguidamente se procede a correr el modelo y, en la primera corrida se le notifica al programa que el vehículo propio está disponible pero que hay un mantenimiento correctivo de emergencia pendiente y, en la segunda corrida se ingresa al programa que el vehículo propio no está disponible, en ambos casos el programa envía un mensaje de error pues la única actividad pendiente introducida, a pesar de ser una instalación, aún no está vencida para la fecha de la corrida (2017-08-12) por lo tanto no hay necesidad de subcontratar vehículos y ya que el vehículo propio no está disponible para hacer la instalación no vencida, el modelo considera que no puede generar la planificación porque no hay vehículos disponibles y el mensaje de error está en la figura 5.23.

```

** ERROR: No hay vehiculos para usar en la planificacion **
**Error en la Construccion de la Data para el modelo de PLEM **

```

Figura 5.23: Error al no estar disponible ningún vehículo para el ruteo. Fuente: Software para la GOV.

En el octavo caso, se toma en cuenta que aún no se ha generado ninguna planificación satisfactoria y, cuando se intenta imprimir el archivo de texto que genera el modelo, al estar vacío el archivo, el programa envía un mensaje de error que se observa en la figura 5.24.

Por otro lado, al intentar listar las actividades planificadas, sin haber generado la planificación, el programa envía un mensaje de error pues la lista está vacía (figura 5.25), de igual forma al intentar listar las actividades realizadas como no se ha reportado ninguna actividad la lista está vacía y también envía un mensaje de error (figura 5.26).

Finalmente, el último caso de estudio con valores de los parámetros ilógicos, no factibles o extremos, se presenta al ingresar más vehículos subcontratados de los que el modelo puede recibir. Para crear este escenario se utilizará el grupo de actividades del apartado 5.2, donde las instalaciones vencidas pendientes solo demandan la subcontratación de un vehículo, en el caso de no estar disponible el vehículo de la empresa, de lo contrario no es necesario contratar ningún vehículo. Aquí se ingresaron 3 vehículos subcontratados más el vehículo de la empresa y por lo tanto el resultado del modelo de PLEM no es factible en ningún momento,

pues no hay suficientes actividades para utilizar todos los vehículos recordando que solo existen dos instalaciones vencidas, si se ingresan dos vehículos subcontractados el modelo aún podría solucionarse porque asignaría una instalación a cada vehículo y cualquiera de las demás actividades al vehículo propio, sin embargo, al haber tres vehículos subcontractados y solo dos instalaciones vencidas el modelo nunca conseguirá una solución factible y, por lo tanto, la data puede generarse para correr el modelo, pero al momento de intentar resolverse no converge en una solución y arroja el mensaje de error que se observa en la figura 5.27.

Gestion Operativa de Vallas [GTM 2014 C.A.]

```
1.- Gestion de BD
2.- Gestion de Tareas Pendientes
3.- Correr el Modelo
4.- Imprimir Planificacion
5.- Reportar Actividades
6.- Salir

Opcion: 4
** ERROR: No se ha generado planificacion **
```

Figura 5.24: Error cuando el archivo de la OC está vacío. Fuente: Software para la GOV.

Menu para Reportar Actividades

```
1.- Listar actividades planificadas
2.- Ingresar Actividad Realizada
3.- Ingresar Actividad No Realizada
4.- Suspendida la Jornada Laboral
5.- Listar actividades pendientes
6.- Listar actividades realizadas
7.- Volver al menu anterior
Opcion: 1
Actividades Planificadas para el Dia:
** ERROR: No hay actividades planificadas **
```

Figura 5.25: Error cuando la lista de actividades planificadas está vacía. Fuente: Software para la GOV.

Menu para Reportar Actividades

```
1.- Listar actividades planificadas
2.- Ingresar Actividad Realizada
3.- Ingresar Actividad No Realizada
4.- Suspendida la Jornada Laboral
5.- Listar actividades pendientes
6.- Listar actividades realizadas
7.- Volver al menu anterior
Opcion: 6

Actividades Realizadas:
** ERROR: No hay actividades realizadas **
```

Figura 5.26: Error cuando la lista de actividades realizadas está vacía. Fuente: Software para la GOV.

```
48 lines were read
Generating Z...
Generating salida...
Generating llegada...
Generating contratos1...
Generating nodos1...
Generating nodos2...
Generating bucle...
Generating jornada1...
Generating h1...
Generating h2...
Generating h3...
Generating correccion...
Model has been successfully generated
GLPK Integer Optimizer, v4.60
92 rows, 60 columns, 234 non-zeros
45 integer variables, all of which are binary
Preprocessing...
PROBLEM HAS NO PRIMAL FEASIBLE SOLUTION
NUMERO DE COLUMNAS 60
Writing MIP solution to 'resultado.txt'...

** ERROR EN EL MODELO **: no se encuentra solucion factible
```

Figura 5.27: Error al ingresar una cantidad de vehículos extrema. Fuente: Software para la GOV.

5.2.2 Escenario 1: Subcontrato Instalaciones Vencidas

En el siguiente grupo de escenarios se agregan una serie de actividades al programa y se comprueba que el sistema cumple con las distintas funcionalidades que fueron especificadas ya anteriormente en el diseño del modelo.

Para montar el primer escenario se introducen una serie de actividades de instalación y mantenimiento asociadas a una misma valla y en fechas distintas. Al correr el modelo con tales actividades se evidencia que si el vehículo propio está disponible se planifican todas las actividades de instalación y mantenimiento posibles, mientras que, si tengo que subcontratar un vehículo, porque el vehículo propio no está disponible, este vehículo solo puede atender la instalación vencida por resolver. Esto se corresponde con el diseño presentado en el capítulo 5 donde se especifica que los vehículos subcontratados solo pueden atender instalaciones vencidas y solo serán necesitados si el vehículo propio no está disponible y hay instalaciones vencidas por resolver o si la cantidad de instalaciones vencidas no puede resolverse en una jornada laboral con el vehículo propio.

Las actividades usadas en el escenario están especificadas en la figura 5.28 y la orden de carretera para el caso del vehículo propio activo en la figura 5.29, mientras que el caso donde el vehículo propio está inactivo o encargado de algún mantenimiento correctivo de emergencia se observa en la figura 5.30.

VALLA: CCSA15009

ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona
FECHA: 2017-03-16

ACTIVIDAD: DME10 ---> Instalar Crucetas P/Unidad
FECHA: 2017-03-15

ACTIVIDAD: DME1 ---> Cambiar Sello VEPACO
FECHA: 2017-03-15

ACTIVIDAD: DMC7 ---> Raspar Juego de Paneles Doble
FECHA: 2017-01-03

ACTIVIDAD: DME11 ---> Instalar Gancho Perno P/Unidad
FECHA: 2017-01-02

Figura 5.28: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 1. Fuente: Elaboración Propia.

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: CCSA15009

Dirección: AUTOPISTA FRANCISCO FAJARDO VIA CARICUAO. LAADO DERECHO. SECTOR QUINTA CRESPO
ESTO ICOD-DOS

Visual: E-O

Tipo: DERG

Actividades a Realizar: Instalación Lona, Instalar Crucetas P/Unidad, Instalar Crucetas P/Unidad, Cambiar Sello VEPACO,
Raspar Juego de Paneles Doble, Instalar Gancho Perno P/Unidad,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49496,-66.92322/10.4920607,-66.7886889>

Figura 5.29: Extracto del archivo OT.txt para el caso en que el vehículo propio está disponible y no subcontrato ningún vehículo. Fuente: Software para la GOV.

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: CCSA15009

Dirección: AUTOPISTA FRANCISCO FAJARDO VIA CARICUAO. LAADO DERECHO. SECTOR QUINTA CRESPO
ESTO ICOD-DOS

Visual: E-O

Tipo: DERG

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49496,-66.92322/10.4920607,-66.7886889>

Figura 5.30: Extracto del archivo OT.txt para el caso en que el vehículo propio no está disponible y subcontrato un (1) vehículo. Fuente: Software para la GOV.

5.2.3 Escenario 2: Escoge Instalación

En este caso se agregan como actividades pendientes una serie de instalaciones vencidas adjuntas a una misma valla (figura 5.31) y, luego de correr el programa con o sin el vehículo de la empresa disponible, se comprueba que el programa es capaz de decidir qué instalación se planifica primero, es decir, que cumple con la priorización de actividades (no solo por prioridad sino por tiempo de ingreso) y adicionalmente, solo puede planificar una instalación a la vez por valla, pues realmente no es lógico que se instalen dos publicidades en una misma valla el mismo día (figura 5.32).

VALLA: CCSA15009

ACTIVIDAD: DI3 ---> Instalación Lona Premium
FECHA: 2017-01-02

ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona
FECHA: 2017-01-09

ACTIVIDAD: DI2 ---> Instalación Vinil
FECHA: 2017-01-08

Figura 5.31: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 2. Fuente: Elaboración Propia.

Fecha: miércoles, 12 de abril de 2017
Hora: 9:23

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1
Código de Valla: CCSA15009
Dirección: AUTOPISTA FRANCISCO FAJARDO VIA CARICUAO. LAADO DERECHO. SECTOR QUINTA CRESPO ESTO ICOD-DOS
Visual: E-O
Tipo: DERG
Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49496,-66.92322/10.4920607,-66.7886889>

Figura 5.32: Extracto del archivo OT.txt generado en el escenario 2. Fuente: Software para la GOV.

5.2.4 Escenario 3: Escoge Mantenimiento

Para llevar a cabo el escenario se opta por una serie de actividades que requieren la contratación de varios vehículos, específicamente se agregara la siguiente lista de actividades reflejada en la figura 5.33:

VALLA: CCSB29009 ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona FECHA: 2017-02-18 VALLA: CCSA15009 ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona FECHA: 2017-02-17 VALLA: 5480I ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona FECHA: 2017-03-04 VALLA: 6773P ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona FECHA: 2017-01-02	VALLA: 6772P ACTIVIDAD: DI1 ---> Instalación Lona FECHA: 2017-03-02 VALLA: 5547S ACTIVIDAD: DMC4 ---> Pintar Juego de Paneles Dobles FECHA: 2017-03-09 VALLA: 5367G ACTIVIDAD: DMC4 ---> Pintar Juego de Paneles Dobles FECHA: 2017-03-16
--	---

Figura 5.33: Lista de actividades introducidas para correr el escenario 3. Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento del caso en estudio se basa en comprobar que se está cumpliendo con la maximización en la asignación de instalaciones vencidas a los vehículos subcontratados sin dejar de lado la priorización en las demás actividades.

Para observar esto primero se indica que el vehículo propio está disponible entonces las actividades de instalación vencidas determinan cuántos vehículos (adicionales al vehículo de la empresa) se sugiere subcontratar, para este caso, si el vehículo propio está disponible entonces se sugiere subcontratar dos (2) vehículos, mientras que si el vehículo propio está ocupado sugiere que se subcontraten tres (3) vehículos.

Luego, cuando se planifican las actividades diarias, si se ingresa que solo puede subcontratarse un (1) vehículo entonces al vehículo de la empresa y el subcontratado se les asignan las instalaciones vencidas. Mientras que si se ingresa que hay disponibilidad de subcontratar dos vehículos (la cantidad sugerida), al vehículo de la empresa le sobra tiempo (luego de atender una instalación que no pueden atender los vehículos subcontratados) entonces, se le asignan los mantenimientos correctivos pendientes como se observa en la figura 5.34, donde se observa que las vallas 6 y 7 tienen el tiempo de atención de los mantenimientos y en el conjunto de vallas no atendidas por los vehículos subcontratados (VNC) están las mismas vallas 6 y 7.

En resumen, si el vehículo propio está disponible pero no se ingresa ningún vehículo subcontratado o se ingresa menos de la cantidad sugerida entonces el modelo asignara las actividades de instalación vencidas cumpliendo con la priorización en las actividades y vehículos y si el vehículo de la empresa en algún momento tiene un periodo de relajación de las instalaciones entonces atenderá los mantenimientos pendientes.

```
#Vehiculos
param z:=3;

#Minutos maximos por jornada laboral del personal subcontratado
param Jornada := 480;

#Vallas que no pueden ser visitadas por los vehiculos subcontratados
set VNC := 6 7 ;

#Intervalos de las Ventanas de Tiempo: [e, l]
param:      e      l:=
0          0      480
1          0      480
2          0      480
3          0      480
4          0      480
5          0      480
6          0      480
7          0      480
8          0      480
;

#u : Tiempo de servicio
param:      u:=
0          15
1          153
2          153
3          153
4          153
5          153
6          121
7          121
8          15
;
```

Figura 5.34: Extracto del archivo modelo.mod generado por el sistema. Fuente: gedit.

Adicionalmente, cuando solo hay vehículos subcontratados (es decir que el vehículo de la empresa no está disponible y el usuario ingresa que subcontrata al menos un vehículo), únicamente se incluyen en la planificación actividades las instalaciones vencidas, para el caso del escenario se ingresaron la cantidad de vehículos subcontratados sugerida, es decir, tres y la OC se observa a continuación

a) OC.txt con disponibilidad del vehículo de la empresa y dos vehículos subcontratados

```
**      Vehículo 1      **
--> Orden de Visita: 1
Código de Valla: 6772P
Actividades a Realizar: Instalación Lona,
--> Orden de Visita: 2
Código de Valla: 5367G
Actividades a Realizar: Pintar Juego de Paneles Dobles,
--> Orden de Visita: 3
Código de Valla: 5547S
```

Actividades a Realizar: Pintar Juego de Paneles Dobles,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.485272,-66.8216613/10.48915,-66.94344/10.4701,-66.90252/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: CCSA15009

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: CCSB29009

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49496,-66.92322/10.48697,-66.94306/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 3 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 6773P

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5480I

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4852589,-66.8217874/10.43581,-66.94564/10.4920607,-66.7886889>

b) OC.txt sin disponibilidad del vehículo de la empresa y tres vehículos subcontratados

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 6772P

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 6773P

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.485272,-66.8216613/10.4852589,-66.8217874/10.4920607,-66.7886889>

**** Vehículo 2 ****

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: CCSA15009

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: CCSB29009

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49496,-66.92322/10.48697,-66.94306/10.4920607,-66.7886889>

**** Vehículo 3 ****

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5480I

Actividades a Realizar: Instalación Lona,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.43581,-66.94564/10.4920607,-66.7886889>

5.2.5 Escenario 4: Cambio de Prioridad

Este escenario se crea para observar detenidamente una funcionalidad específica del programa que consiste en: cambiar la prioridad de los mantenimientos de aquellas vallas que tienen asociadas adicionalmente instalaciones, esta prioridad se cambia por un nivel mayor (para el caso de la investigación estos mantenimientos tienen prioridad 4). Esta inclusión en el algoritmo es especialmente importante por ser un requerimiento del Gerente del Departamento de Operaciones pues, las vallas que tienen asociados mantenimientos e instalaciones, se infiere que estos mantenimientos deben atenderse con mayor prioridad y para el Gerente implica una complejidad adicional verificar que vallas tienen mantenimientos e instalaciones asociadas.

Para crear tal escenario se introducen primero dos actividades de mantenimiento correctivo a una misma valla y se listan las actividades pendientes corroborando que tienen un nivel de prioridad cinco (5), en la figura 5.35 se puede observar el resultado. Luego se introduce una actividad de instalación pendiente para la misma valla con mantenimientos correctivos asociados y se listan nuevamente las actividades pendientes para observar el cambio de prioridad en los mantenimientos pendientes (figura 5.36).

```
Opcion: 2

Listar pendientes por realizarse

ID: 2
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DMC8 ---> Reparar marco
PRIORIDAD: 5
TIEMPO: 56 minutos
FECHA: 2017-07-12

ID: 1
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DME1 ---> Cambiar Sello VEPACO
PRIORIDAD: 5
TIEMPO: 30 minutos
FECHA: 2017-07-12
```

Figura 5.35: Lista de las primeras dos actividades introducidas para correr el escenario 5. Fuente: Software para la GOV.

```
Opcion: 2

Listar pendientes por realizarse

ID: 3
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DI3 ---> Instalación Lona Premium
PRIORIDAD: 2
TIEMPO: 153 minutos
FECHA: 2017-07-12

ID: 2
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DMC8 ---> Reparar marco
PRIORIDAD: 4
TIEMPO: 56 minutos
FECHA: 2017-07-12

ID: 1
VALLA: 6772P
ACTIVIDAD: DME1 ---> Cambiar Sello VEPACO
PRIORIDAD: 4
TIEMPO: 30 minutos
FECHA: 2017-07-12
```

Figura 5.36: Lista de las actividades introducidas para correr el escenario 5. Fuente: Software para la GOV.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Luego de realizar el estudio situacional de la empresa y desarrollar un modelo de gestión operativa para vallas publicitarias marca Vepaco pertenecientes a la empresa GTM, se pudo concluir que:

- La inclusión de un gran volumen de datos al modelo implicó una complejidad adicional para la investigación, puesto que los registros necesarios para gestionar las vallas no estaban organizados o disponibles (registro de vallas, registro de actividades, ubicación geográfica de cada una de las vallas, entre otros). Debido a esto se determinó que era necesario asistir el modelo con una herramienta que permite mantener de forma clara y concisa toda la información referida a las actividades.
- Para optimizar la gestión de actividades operativas en GTM, se desarrolló un algoritmo híbrido que conjuga dos modelos de PLEM y un manejador de bases de datos para generar satisfactoriamente la planificación de actividades por día de trabajo, tomando en cuenta la minimización en los tiempos de traslado y atención a las vallas publicitarias, las prioridades propias de cada actividad, la cantidad mínima necesaria de vehículos subcontratados para llevar a cabo las instalaciones vencidas y, la maximización en la asignación de tales instalaciones vencidas a los vehículos subcontratados.
- El modelo desarrollado es escalable y reproducible en las demás sucursales a nivel nacional pues se diseñó para ser usado incluso si los vehículos que forman parte de la planificación no pueden regresar al depósito, como es el caso de las sucursales donde los vehículos salen del depósito, cumplen con el programa estipulado para ese día (sin retornar a la sede), llegan a un destino transitorio donde finaliza la jornada laboral, luego el siguiente día salen del destino transitorio para continuar con las visitas programadas y así sucesivamente hasta cumplir la totalidad de jornadas laborales necesarias para hacer el recorrido de vallas programado.
- El modelo propuesto es una respuesta frente a la formulación de nuevos planes de venta, dado que puede calcular efectivamente el tiempo en que podrían llevarse a cabo las instalaciones vendidas y la verdadera cantidad de vehículos subcontratados que requeriría el planteamiento, a modo de calcular efectivamente los costos netos de la instalación de determinados circuitos y por lo tanto determinar los mejores precios de venta.
- Luego de simular 21 días de planificación en los que se llevaron a cabo 50 instalaciones, 40 actividades especiales y 30 actividades de mantenimiento correctivo, tomando en cuenta las condiciones

climáticas y operativas reales para tales días, se encontró que el modelo consiguió respuesta frente a todas las actividades anteriormente descritas en un plazo de 21 días y en el trayecto se subcontrataron 13 vehículos, mientras que el Departamento de Operaciones llevo a cabo la misma cantidad de actividades en un plazo de 29 días laborales y con el uso de 15 vehículos subcontratados, por lo tanto los resultados de la simulación han demostrado que el modelo es una solución factible a la problemática que se presenta actualmente en el Departamento de Operaciones.

- Luego que la programación de un día de trabajo se simulo aplicando el modelo, se determinó que la planificación generada por el modelo permite reducir aproximadamente 30% las horas hombre, propiciando un ahorro del 42% en el costo operativo, esto evaluado con la hoja de costos actual que maneja la empresa y por restricciones legales no puede usarse en el trabajo de investigación.
- Los requerimientos para implementar el modelo, en cuento a hardware y software no representan un costo elevado, lo que mejora la viabilidad de la aplicación del modelo por parte de la empresa.
- Finalmente, la utilización de la herramienta computacional desarrollada ahorrará tiempo al momento de realizar la planificación de las actividades operativas diarias, debido a que actualmente esta planificación se realiza mediante la experticia del Gerente de Operaciones y, cuando el volumen de actividades pendientes es grande se vuelve engorroso el proceso, adicionalmente el uso del modelo proporciona una gran cantidad de información que nutrirá los reportes generados por el Departamento de Operaciones.

6.2 Recomendaciones

En función de mejorar el programa creado para gestionar operativamente las vallas se establecen las siguientes recomendaciones:

- Agregar al modelo una relación entre las vallas que están puestas sobre una misma estructura para restringir que solo pueda asignarse una actividad de mantenimiento correctivo de estructura y alrededores por cada unidad estructural que contenga varias vallas.
- Realimentar la matriz de tiempos de traslado con datos que proporcione el personal de cuadrilla, además debe hacerse un ajuste del modelo para que tome en cuenta las horas de mayor congestión al momento de generar los tiempos de traslado.
- Dado que la empresa actualmente utiliza como software de gestión principal el OMM, se recomienda acoplar el programa desarrollado en la investigación y así agregar un nuevo módulo al OMM que se encargue activamente de gestionar las actividades operativas permitiendo entre otras cosas una auditoria clara de las actividades realizadas.

- Se recomienda integrar el departamento de ventas y operaciones en un software de gestión. Puesto que el proceso de ventas es el área más importante para empresa debería buscarse la forma de incluir toda la información en una misma plataforma.
- Por ahora el software no maneja actividades productivas relacionadas con el pago de los arrendadores ni la permisología relacionada a las vallas publicitarias, sin embargo, se recomienda agregarlo pues para conocer la verdadera disponibilidad de las vallas es necesario automatizar el proceso.
- Se recomienda determinar un formato específico para las OT de ventas y los reportes de supervisores para que el archivo pueda ser leído por el programa de gestión operativa de vallas optimizando el ingreso de las actividades pendientes al modelo.
- Se recomienda agregar al modelo una lista de requerimientos asociados a cada actividad de modo que al planificar las actividades también pueda generar una lista de insumos se requieren para llevar a cabo tales actividades y luego también podría agregarse un inventario de los insumos para saber su disponibilidad real.
- Se recomienda agregar al modelo un módulo que monitoree las fechas de vencimiento de los contratos, donde se agregue la fecha en que se instaló la publicidad y luego la fecha en que está pautado para vencerse ese contrato. Cuando el contrato se halla vencido, el modelo debe reportar que las vallas del contrato son posibles para un blanqueamiento y que debe comunicarse con el departamento de ventas para verificar la próxima acción a realizar, adicionalmente debe también incluirse la renovación del contrato de forma que pueda modificarse la fecha de vencimiento del mismo.
- Se recomienda agregar un módulo al programa que se encargue de llevar el control de la producción de sustratos para conocer la disponibilidad del sustrato al momento de planificar la instalación de una nueva publicidad.

A la empresa “Grupo Trust Mediático 2014 C.A.” se le recomienda:

- Usar el modelo para estudiar cuanto tiempo requiere llevar a cabo los planes de mantenimiento preventivo que actualmente tiene propuestos la empresa, tomando en cuenta que solo se tiene a disposición un vehículo para el Departamento de Operaciones de la sucursal de caracas, y luego observar el comportamiento para dos o más vehículos a modo de comparar la rentabilidad de adquirir un nuevo vehículo y mayor cantidad de personal de cuadrilla según las necesidades de la empresa.
- Desarrollar un programa de gestión de activos (Asset manager) donde tome como elemento principal las vallas publicitarias a su disposición e integre todo lo relacionado a su gestión.
- Destinar mayor cantidad de recursos y atención a la gestión operativa de las vallas publicitarias puesto que sin la disponibilidad física de las vallas no habría nada que vender y,

- Estimar los presupuestos y planes de venta de las vallas publicitarias de acuerdo a los requerimientos reales del sistema de gestión operativa.

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Bibliografía

- Albornoz, E. (2008). *Planificación del Mantenimiento - Definiciones*. Puerto Ordaz, Venezuela: UNEXPO.
- Arala, A., & Furlanetto, L. (2005). *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*. Red Internacional del Libro. Obtenido de https://books.google.co.ve/books/about/Manual_de_gesti%C3%B3n_de_activos_y_mantenim.html?id=ktTRYgAACAAJ&redir_esc=y
- Atagua, M., Donatti, D., Ferrer, J., Guillent, Y., Maraima, R., Márquez, C., . . . Morejón, L. (18 de 11 de 2016). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de Blogspot: <http://metodologia02.blogspot.com/p/tipos-de-muestreo.html>
- Ayestaran, M., De Abreu, V., & Guerrero, L. (2000). *Determinar Si La Publicidad Exterior es un Medio Publicitario o Agente Contaminante Visual*. Caracas, Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos5/dete/dete.shtml>
- Bolaños, R. (2014). *Un Algoritmo Metaheurístico para la Solución del Problema de Ruteo de Vehículos con Múltiples Depósitos y Flota Heterogénea*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Brito, J. (2011). *Optimización de rutas de Distribución con Restricciones Difusas*. Servicios de Publicaciones. Universidad de la Laguna.
- Brito, J., Expósito, A., & Moreno, J. (2016). Variable neighbourhood search for close-open vehicle routing problem with time windows. *IMA Journal of management Mathematics*, 27-38.
- Bruno, T. (2012). *Instructivo de GLPK*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Obtenido de <http://materias.fi.uba.ar/7114/Docs/InstructivoGLPK.pdf>
- Calderón, A. (2014). *Optimización de las Rutas de Ventas de la Distribuidora El Campecino C.A.* Mérida: Escuela de Ingeniería de Sistemas. Departamento de Investigación de Operaciones. Universidad de los Andes.
- Carranza, M., Donayre, D., Romero, J., & Tejeda, Z. (2011). *Formulación de Modelos de Optimización y Solución por Método Gráfico*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porras.
- Clarke, G., & Wright, J. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12, 568-581.
- Cook, S. (2000). *The P versus NP Problem*. Toronto: Manuscript prepared for the Clay Mathematics Institute for the Millennium Prize Problems. Obtenido de http://neo.lcc.uma.es/vrp/wp-content/data/articles/p_vs_np.pdf
- COVENIN. (01 de 12 de 1993). Mantenimiento. Definiciones. *Normas Venezolanas*, 3049. Venezuela. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3049-93.pdf>
- Dantzig, G., & Ramser, J. (1959). The truck dispatching problem. *Management*, 80-91.

- Daza, J., Montoya, J., & Narducci, F. (Diciembre de 2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos. *EIA*, 12, 23-38. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n12/n12a03.pdf>
- De Jaegere, N., Defraeye, M., & Van Nieuwenhuyse, I. (2013). *The vehicle routing problem: state of the art classification and review*. KU Leuven, Belgium: Faculty of Economics and Business.
- De Prada, C. (14 de Noviembre de 2016). *Programación mixta-entera*. Obtenido de ISA: <http://www.isa.cie.uva.es/~prada/MIP.pdf>
- Divasto, D. (2009). *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación N°XI*. Buenos Aires: Facultad de Diseño y Comunicación - Universidad de Palermo.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Dixon, A. (2000). *Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control*. Ciudad de Mexico: Limusa Wiley.
- Estrella, R. (2008). *MG-617-T Modelos para la Toma de Decisiones en honor a Carlos Dreyfus*. Italia: Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra.
- Figueroa, R. (1999). *Cómo Hacer Publicidad: Un Enfoque Teórico-Práctico*. books.google.co.ve/books?isbn=9684442637.
- Gaitán, R. (05 de Octubre de 2007). "Branding" para primíparos. Obtenido de Blogspot: <http://logotrend.blogspot.com/2007/10/brandingpara-primparos-por-ricardo.html>
- Galindo, J. (2013). *La Publicidad Exterior*. Caracas, Venezuela: Administración De Empresas Privadas y Públicas. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos16/publicidad-exterior/publicidad-exterior.shtml>
- GNU MathProg. (15 de Enero de 2017). Obtenido de Sourceforge: <http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/MathProg.htm>
- Google. (16 de Enero de 2017). *Google Maps Distance Matrix API*. Obtenido de API de Google Maps: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/intro?hl=es-419#StatusCodes>
- Grupo Trust Mediático. (12 de Abril de 2016). *Vallas Vepaco*. Obtenido de <http://grupotrustmediatico.com/vallas-vepaco/>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. Mexico, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Vol. Novena Edición). Mexico: Mc Graw Hill.
- Investigación Operativa. (14 de 01 de 2010). *guia_lp_solve*. Recuperado el 27 de 02 de 2017, de Apuntes de Investigación Operativa.: http://knuth.uca.es/io/doku.php?id=guia_lp_solve&rev=1263471882
- John, M. (2002). Branch-and-Cut Algorithms for Combinatorial Optimization Problems. *Handbook of Applied Optimization*, 65-77.

- JSON. (12 de Enero de 2017). *Introducción a JSON*. Obtenido de <http://www.json.org/json-es.html>
- Key Systems. (09 de Agosto de 2016). *Productos*. Obtenido de Key Systems: <http://www.keysystems.co.uk/PRODUCTS.aspx>
- Labrador, R. (2008). *Plan de Mantenimiento*. Mérida: VEPACO.
- Lenstra, J., & Rinnooy Kan, A. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks*, 11, 221-227. doi:10.1002/net.3230110211
- Lüer, A., Benavente, M., Bustos, J., & Venegas, B. (2009). *El problema de ruteo de vehículos: Extensiones y métodos de resolución, estado del arte*. Chile: Workshop Internacional. Universidad de la Fontana - Chile.
- Macadán, R. (2006). *Sistema de Información Geoespacial Basado en Algoritmos Genéticos Para La Optimización de Rutas*. Mérida, Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Tesis de Grado.
- Makhorin, A. (2015). *Modeling Language GNU MathProg - Language Reference for GLPK*, traducido por: Pablo Yapura. Moscow, Russia: Aviation Institute.
- Makhorin, A. (2016). *GNU Linear Programming Kit, Reference Manual for GLPK Version 4.58*. Moscow: Department for Applied Informatics, Moscow Aviation Institute.
- Martín, A. (08 de Noviembre de 2012). *Que Aprendemos Hoy*. Obtenido de <http://queaprendemoshoy.com/la-gestion-de-activos-sistemas-de-gestion-de-mantenimiento/>
- Molina, J. (2013). *Problema de Optimización de Rutas de Vehículos con Aspectos Medioambientales*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Morales, A. (2013). *Influencia del Marco Jurídico en el desarrollo del sector publicitario venezolano a partir del año 1999. Caso agencias*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de Humanidades y Educación. Trabajo de Grado.
- Naval, E., & Fiorucci, L. (29 de 07 de 2016). *Mantenimiento*. Obtenido de Wikipedia: : <https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento?oldid=91875730>
- OAAA, Inc. (28 de Septiembre de 2016). *Out-of-home advertising*. Obtenido de Outdoor Advertising Association of America: <http://www.oaaa.org/OutofHomeAdvertising/OOHMediaFormats/OOHMediaFormats.aspx>
- Olivera, A. (2004). *Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Instituto de Computación.
- Pérez, A. (2013). *Desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento asistido por Ordenador para el Centro Comercial Milenium de la Ciudad de Mérida*. Mérida: Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Pernía, M. (2015). *Modelo Óptimo de Distribución de Gas Licuado*. Mérida: Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad de los Andes.
- Pujol, B. (2003). *Diccionario de Marketing, de Cultural S.A.* Madrid, España: Cultural S.A.

- Repoussis, P. P., Tarantilis, C. D., Bräysy, O., & Ioannou, G. (2010). A hybrid evolution strategy for the open vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 23(03), 443-455.
- Revista Logística. (20 de Julio de 2016). *Modelos para un mejor ruteo vehicular*. Obtenido de <http://m.logisticamx.enfasis.com/articulos/69225-modelos-un-mejor-ruteo-vehicular>
- Riope, D., Langevin, A., & Campbell, J. F. (2005). *The Network of Logistics Decisions*. *Logistics Systems: Design and Optimization*. New York: Springer.
- Rodríguez, J. (2008). *Gestión del Mantenimiento*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/7497765/Gestion-del-mantenimiento>
- Russell, T., & Lane, R. (1994). *Otto Kleppner Publicidad 12 Edición*. Naucalpan: Prentice Hall Hispano Americana, S.A.
- Sanchez, V., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., & Whiteing, A. (2008). Establishing a transport operation focused uncertainty model. *International Journal of Physical Distribution*, 388-411.
- Sandoya, F. (2007). *Métodos Exactos y Heurísticos para resolver el Problema del Agente Viajero (TSP) y el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Segovia, L. (2013). *La Publicidad*. Administración y Finanzas - Monografias.com. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos94/que-es-publicidad/que-es-publicidad.shtml#ixzz4FY4C2qb>
- SQLite. (29 de 01 de 2017). *Documentation*. Obtenido de SQLite: <http://www.sqlite.org/docs.html>
- Torres, L. (2008). *Análisis de Falla: Fiabilidad y Confiabilidad*. Argentina: Universitas. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/cap/present/Jornada2008/Torres.pdf>
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 487 – 512. Obtenido de http://ac.els-cdn.com/S0166218X01003511/1-s2.0-S0166218X01003511-main.pdf?_tid=269083ea-4d19-11e6-90e4-00000aab0f6b&acdnat=1468868289_3fa8ef22bfb98ff7b2af47fcecfa809d
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). The vehicle routing problem. *SIAM Monographs on Discrete*, 195-224.
- Ufre, A. (2013). *Optimización de la Distribución de Productos de la Empresa*. Mérida: Escuela de Ingeniería de Sistemas. Departamento de Investigación de Operaciones. Universidad de los Andes.
- VEPACO. (2008). *Plan de Mantenimiento*. San Cristobal.
- Yepes, V., & Medina, J. (2002). *Optimización de Rutas con Flota Heterogénea y Múltiples Usos de Vehículos VRPHEMSTW*. España: SEMNI.
- Zurilla, J. (2012). *Reporte de Estatus*. Departamento de Operaciones. Caracas, Venezuela: VEPACO.

Apéndice A

A Determinación de los Tiempos de Ejecución

Caso: Actividades operativas para vallas tipo Junior

Con el fin de obtener el tiempo promedio de ejecución para cada actividad contemplada en la investigación, se llevó a cabo un estudio estocástico donde se utilizó una muestra de 100 datos para cada una de las actividades, entendiendo que, aproximadamente el 30% de los datos fueron obtenidos por la investigadora y el resto se obtuvo gracias a una serie de registros históricos proporcionados por la empresa.

En tal sentido, la base de datos conformada por las muestras fue procesada y depurada usando el software “RStudio”, donde se analizaron los datos y varias muestras resultaron negativas o con valores inherentes (espurios) y a través de una indagación con el personal de cuadrilla, se determinó que la ocurrencia correspondió a errores del analista al momento de introducir los datos en las hojas de Excel, los valores muy elevados fueron tomados como incoherentes y eliminados, mientras que los valores negativos, según el personal de cuadrilla son errores de transcripción, por lo tanto se transformaron en positivos con la ayuda de la siguiente instrucción:

$$\text{for}(i \text{ in } 1:100) \{ \text{if}(\text{Estudio\$JMC2}[i] < 0) \text{Estudio\$JMC2}[i] <- -\text{abs}(\text{Estudio\$JMC2}[i]) \}$$

Luego de haber verificado los datos, se llevaron a cabo una serie de pruebas de normalidad, donde concretamente se usaron dos de los test más populares para comprobar la normalidad en las muestras obtenidas (Shapiro-wilk y Anderson-Darling), con la finalidad de validar que el promedio de las muestras obtenidas es una buena aproximación del tiempo que dura cada actividad en llevarse a cabo.

Básicamente, los test de normalidad tienen dos hipótesis, la primera de ellas o hipótesis nula se basa en que la muestra proviene de una distribución normal, mientras que la hipótesis restante es todo lo contrario. Al aplicar los test obtenemos un “*p.value*” y si este valor es mayor a 0,05 o 5% significa que estamos comprobando la hipótesis nula, de lo contrario, puede decirse que los datos no provienen de una distribución normal y requieren mayor atención.

Para el caso de los datos recolectados sobre las actividades operativas se encontraron aproximadamente un 80% de muestras distribuidas normalmente tal como en el siguiente ejemplo, para las actividades JMA1 (corte de monte) y JME1 (arreglar forros):

```
> shapiro.test(Estudio$JMA1)$p.value  
[1] 0.3345567
```

```
> ad.test(Estudio$JMA1)$p.value  
[1] 0.2152541  
  
> shapiro.test(Estudio$JME1)$p.value  
[1] 0.1696299  
> ad.test(Estudio$JME1)$p.value  
[1] 0.05318409
```

Sin embargo, el restante 20% no aprobó la prueba de normalidad y requirió un análisis más profundo de los datos obtenidos, por ejemplo, para el caso de la actividad “Engomar Marcos” en las vallas tipo Junior, identificada con el código “JMC1” la muestra comprobó no estar distribuida normalmente dado que su “*p.value*” es menor a 5%, como se indica a continuación:

```
> shapiro.test(Estudio$JMC1)$p.value  
[1] 0.0004291482  
> ad.test(Estudio$JMC1)$p.value  
[1] 0.0001815899
```

Por lo tanto, fue necesario evaluar la actividad JMC1 con más detenimiento. El primer paso para hacerlo fue obtener un gráfico que muestra la densidad de los datos (figura C.1), y en este caso se observa claramente que los valores obtenidos no están distribuidos según la figura de campana que debería, aun así la mayor concentración de ellos se encuentra en su media, lo que permite el uso de este valor para determinar que la mayoría de las ocurrencias de esta actividad estarán determinadas por el tiempo promedio. Para asegurarse de la decisión también se llevó a cabo una gráfica “Quantile-Quantile Plot” (figura C.2) que crea por defecto un gráfico QQ normal de los valores y luego QQline añade una línea que indica el paso del normal “teórico” para los datos. En este caso se observa, que los datos a pesar de estar dispersos, su mayor concentración se encuentra alrededor de la media, adicionalmente, se localiza en la gráfica una muestra atípica o espurio, que luego se analiza con mayor detenimiento en la gráfica del conjunto de datos de JMC1 (figura C.3) con valor de nueve (9) minutos, sin embargo, dado que la gran cantidad de valores está cerca de la media a pesar de que en una ocurrencia del experimento se haya tardado ese tiempo, no es relevante para el estudio pues “cuando son uno o dos puntos que salen del comportamiento esperado de las gráficas se puede tratar de un problema de puntos aberrantes, no de violación del supuesto en cuestión” (Gutiérrez & De la Vara, 2008, pág. 82), según el autor en este caso debe investigarse la obtención de dichas mediciones atípicas ya que este tipo de puntos puede afectar sensiblemente el análisis.

Según el personal este comportamiento puede deberse a un contratiempo en la realización de dicha actividad que no sea muy frecuente por lo que no se observa en el resto de muestras tomadas, recordando que JMC1 corresponde a la actividad de engomar marcos, el día en cuestión pudo haber un error al momento de escoger la pega para hacerlo o haber dañado el marco que estaba destinado para la valla y luego tener que

reponerlo. Dada la observación puede determinarse entonces que, en el caso de esta actividad en particular, la media es un buen indicador.

```
> mean(Estudio$JMC1)
[1] 2.88
```

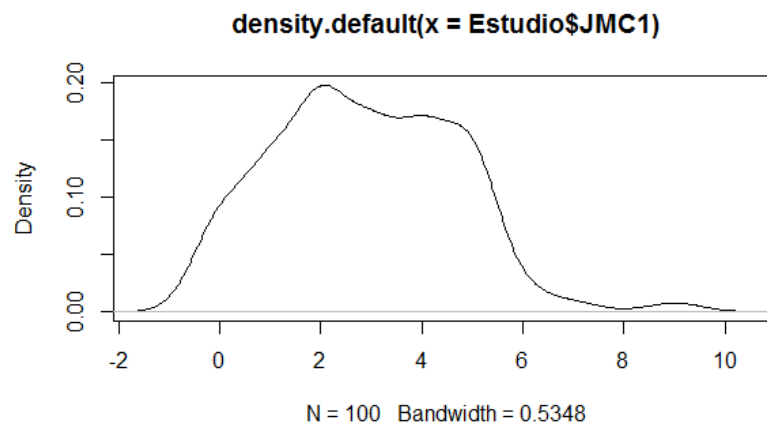


Figura C.1: Grafico de densidad de la actividad “JMC1: Engomar Marcos”. Fuente: Elaboración Propia.

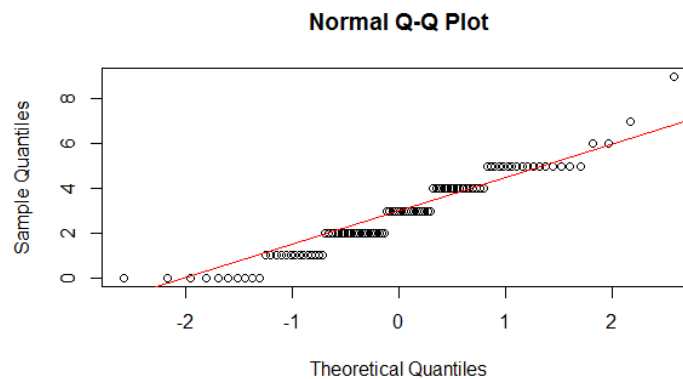


Figura C.2: Grafico “qqnorm” para la actividad “JMC1: Engomar Marcos”. Fuente: Elaboración Propia

Las muestras que necesitaron este tipo de análisis se comportan de forma similar, a excepción de la muestra tomada para el mantenimiento correctivo de emergencia a vallas Junior que corresponde a la actividad denominada “Retiro Total del Aviso” con código “JE1”. En este caso, las muestras tomadas no se distribuyen normalmente, tal como se observa en la siguiente ejecución:

```
> shapiro.test(Estudio$JE1)$p.value
[1] 7.457934e-05
> ad.test(Estudio$JE1)$p.value
[1] 0.0001392848
```

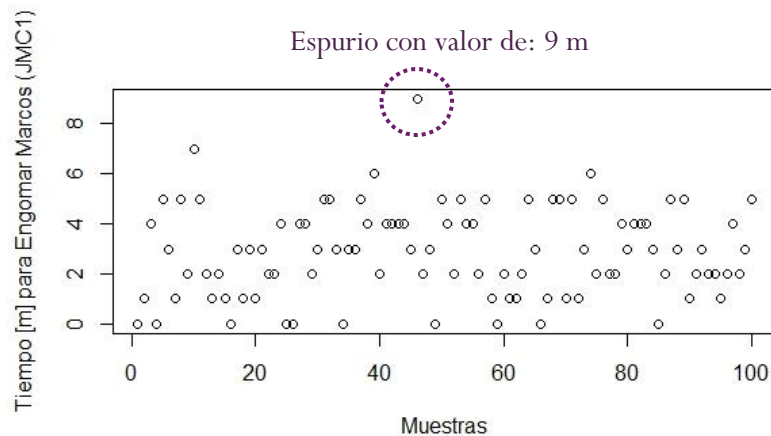


Figura C.3: Grafica de las muestras de tiempo (en minutos) tomadas para la actividad JMC1. Fuente: Elaboración Propia.

Y al igual que las muestras que no aprobaron el test de normalidad se aplicó un análisis gráfico al conjunto de datos, donde se observó que los datos están distribuidos en un horizonte de tiempo muy pronunciado (figura C.4). Adicionalmente, según la gráfica de “qq-norm” (figura C.5) hay una cantidad importante de datos espurios o atípicos que no permiten la normalidad de los datos.

Al conversar con el personal de cuadrilla acerca de las muestras incoherentes, se determinó que la actividad de retiro de avisos en cualquiera de los tipos de vallas es una tarea muy variada que depende enteramente de las circunstancias en las que se encuentre la estructura y los equipos que deben usarse para su retiro, por lo tanto, no fue posible obtener un tiempo determinista para este tipo de actividades.

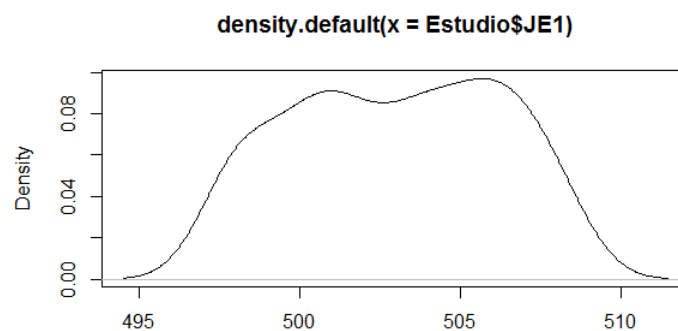


Figura C.4: Grafico de densidad de datos para la actividad “JE1: Retiro Total del Aviso”. Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, luego de haber procesado y comprobado que el promedio de las muestras es un buen indicador para determinar el tiempo que necesita cada actividad para llevarse a cabo, se calcularon las medias para cada actividad y se obtiene la siguiente tabla C.1.

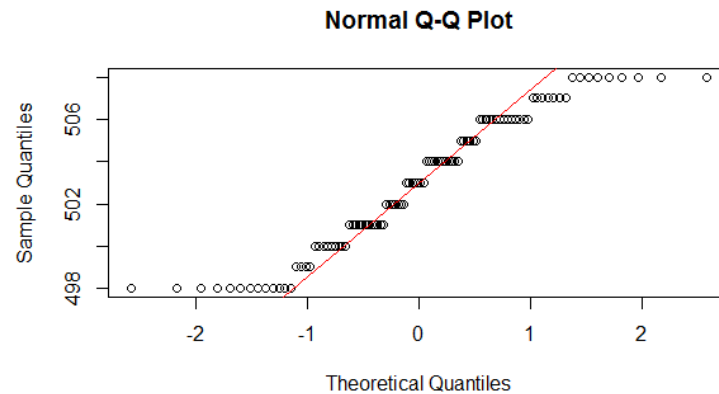


Figura C.5: Grafico “qqnorm” para la actividad “JE1: Retiro Total del Aviso”. Fuente: Elaboración Propia.

Código	Tiempo Promedio (m)
J11	92
JMA1	104
JMC1	3
JMC10	4
JMC11	11
JMC12	10
JMC13	13
JMC14	10
JMC15	82
JMC16	15
JMC17	43
JMC18	66
JMC2	155
JMC3	111
JMC4	5
JMC5	61
JMC6	54
JMC7	3
JMC8	102
JMC9	14
JME1	11

<i>JME10</i>	66
<i>JME11</i>	6
<i>JME12</i>	19
<i>JME2</i>	7
<i>JME3</i>	11
<i>JME4</i>	42
<i>JME5</i>	9
<i>JME6</i>	6
<i>JME7</i>	32
<i>JME8</i>	6
<i>JME9</i>	13

Tabla C.1: Tabla de tiempos deterministas para cada actividad de gestión operativa sobre las vallas tipo Junior, marca VEPACO y pertenecientes a la empresa GTM. Fuente: Elaboración Propia

www.bdigital.ula.ve

Apéndice B

B Actividades

<i>ID</i>	<i>Código</i>	<i>Tipo</i>	<i>Tipo de Actividad</i>	<i>Tiempo [m]</i>	<i>Prioridad</i>	<i>Instalación</i>
1	DI1	DERG	Instalación Lona	153	3	1
2	DI2	DERG	Instalación Vinil	287	3	1
3	DI3	DERG	Instalación Lona Premium	153	2	1
4	DI4	DERG	Instalación Vinil Premium	287	2	1
5	DMA1	DERG	Aplicación de pintura aluminizada en impermeabilizaciones por m ²	158	5	0
6	DMA2	DERG	Aplicación de primer en impermeabilizaciones por m ²	178	5	0
7	DMA3	DERG	Corte Monte	295	5	0
8	DMA4	DERG	Instalación de manto asfáltico por m ²	158	5	0
9	DMC1	DERG	Fondear Paneles	171	5	0
10	DMC10	DERG	Retiro de Lona	108	5	0
11	DMC11	DERG	Retiro de Vinil	104	5	0
12	DMC2	DERG	Instalar Juego de Paneles	154	5	0
13	DMC3	DERG	Lavar Paneles	111	5	0
14	DMC4	DERG	Pintar Juego de Paneles Dobles	121	5	0
15	DMC5	DERG	Pintar marco	137	5	0
16	DMC6	DERG	Pintar Paneles por Detrás	152	5	0
17	DMC7	DERG	Raspar Juego de Paneles Doble	55	5	0
18	DMC8	DERG	Reparar marco	56	5	0
19	DMC9	DERG	Retirar Paneles	178	5	0
20	DME1	DERG	Cambiar Sello VEPACO	30	5	0
21	DME10	DERG	Instalar Crucetas P/Unidad	3	5	0
22	DME11	DERG	Instalar Gancho Perno P/Unidad	4	5	0
23	DME12	DERG	Instalar Vientos P/Unidad	68	5	0
24	DME13	DERG	Soldadura de la estructura	153	5	0
25	DME14	DERG	Pintar Base	39	5	0
26	DME15	DERG	Pintar Crucetas P/Unidad	3	5	0
27	DME16	DERG	Pintar Juego de Correa	144	5	0
28	DME17	DERG	Pintar Número	6	5	0
29	DME18	DERG	Pintar Torre T-25 P/Unidad	7	5	0
30	DME19	DERG	Pintar tubo de 3 x 4.55	36	5	0
31	DME2	DERG	Colocación de correas (tensores estructurales)	108	5	0
32	DME20	DERG	Refuerzo de Estructuras	157	5	0

33	DME21	DERG	Retirar Base	60	5	0
34	DME22	DERG	Retirar Plataforma	69	5	0
35	DME23	DERG	Retiro Crucetas P/Unidad	4	5	0
36	DME24	DERG	Retiro de salientes por m ²	98	5	0
37	DME25	DERG	Retiro T-25 P/Unidad	7	5	0
38	DME3	DERG	Colocación de tornillos estructurales.	56	5	0
39	DME4	DERG	Colocación de vigas de carga	98	5	0
40	DME5	DERG	Desmantelar aviso	149	5	0
41	DME6	DERG	Elaborar Crucetas P/Unidad	4	5	0
42	DME7	DERG	Fabricación de salientes por m ²	61	5	0
43	DME8	DERG	Instalación Base	86	5	0
44	DME9	DERG	Instalación de salientes por m ²	158	5	0
45	EI1	Estándar	Instalación Lona Regular	60	3	1
46	EI2	Estándar	Instalación Vinil	98	3	1
47	EI3	Estándar	Instalación Lona Premium	60	2	1
48	EI4	Estándar	Instalación Vinil Premium	98	2	1
49	EMA1	Estándar	Corte Monte	111	5	0
50	EMC1	Estándar	Engomar Marcos	5	5	0
51	EMC10	Estándar	Fondear Paneles	39	5	0
52	EMC11	Estándar	Pintar Paneles por Detrás	47	5	0
53	EMC12	Estándar	Retirar Paneles	69	5	0
54	EMC13	Estándar	Instalar Juego de Paneles	91	5	0
55	EMC2	Estándar	Pegar Marcos	9	5	0
56	EMC3	Estándar	Reparar Afiche P/hoja	11	5	0
57	EMC4	Estándar	Instalar Nuevos Marcos Papel	11	5	0
58	EMC5	Estándar	Pintar marco	11	5	0
59	EMC6	Estándar	Reparar marco	16	5	0
60	EMC7	Estándar	Lavar Paneles	16	5	0
61	EMC8	Estándar	Retirar Vinil	68	5	0
62	EMC9	Estándar	Retirar Lona	98	5	0
63	EME1	Estándar	Instalar Gancho Perno P/Unidad	3	5	0
64	EME10	Estándar	Pintar Base	9	5	0
65	EME11	Estándar	Pintar Vigas IPN Completa	9	5	0
66	EME12	Estándar	Retirar Plataforma	12	5	0
67	EME13	Estándar	Retirar Base	19	5	0
68	EME14	Estándar	Instalar Base	19	5	0
69	EME15	Estándar	Instalar Vientos P/Unidad	27	5	0
70	EME16	Estándar	Pintar Juego de Vigas Completo con Estructura	32	5	0
71	EME17	Estándar	Pintar Juego de Correa Estándar	54	5	0

72	EME2	Estándar	Elaborar Crucetas P/Unidad	3	5	0
73	EME3	Estándar	Instalar Crucetas P/Unidad	3	5	0
74	EME4	Estándar	Pintar Crucetas P/Unidad	4	5	0
75	EME5	Estándar	Retiro Crucetas P/Unidad	3	5	0
76	EME6	Estándar	Pintar Número	5	5	0
77	EME7	Estándar	Pintar Torre T-25 P/Unidad	7	5	0
78	EME8	Estándar	Cambiar Sello VEPACO	7	5	0
79	EME9	Estándar	Retiro T-25 P/Unidad	7	5	0
80	J11	Junior	Instalación Vinil Regular	92	3	1
81	J12	Junior	Instalación Vinil Premium	92	2	1
82	JMA1	Junior	Corte Monte	104	5	0
83	JMC1	Junior	Engomar Marcos	3	5	0
84	JMC10	Junior	Lavar Pantalla	4	5	0
85	JMC11	Junior	Pintar Marco Metálico	11	5	0
86	JMC12	Junior	Pintar Pantalla Por el Revés Fibra de Vidrio	10	5	0
87	JMC13	Junior	Pintar Pantalla Por el Revés Metálica	13	5	0
88	JMC14	Junior	Reparar Afiche P/Hoja	10	5	0
89	JMC15	Junior	Retirar Paneles	82	5	0
90	JMC16	Junior	Retirar Pza. Marco Metálico	15	5	0
91	JMC17	Junior	Retiro de Pantalla Junior	43	5	0
92	JMC18	Junior	Retiro de Vinil	66	5	0
93	JMC2	Junior	Fabricar Marco Metálico	155	5	0
94	JMC3	Junior	Fondear Paneles	111	5	0
95	JMC4	Junior	Fondear Pantalla	5	5	0
96	JMC5	Junior	Instalación de Pantalla Junior	61	5	0
97	JMC6	Junior	Instalación Nuevo Tramo de Marco Metálico (6 p/aviso)	54	5	0
98	JMC7	Junior	Instalar Nuevos Marcos Papel	3	5	0
99	JMC8	Junior	Instalar Paneles	102	5	0
100	JMC9	Junior	Lavar Paneles	14	5	0
101	JME1	Junior	Arreglar Forros	11	5	0
102	JME10	Junior	Preparación Tubo P/Aviso Junior	66	5	0
103	JME11	Junior	Retirar Base	6	5	0
104	JME12	Junior	Retiro de Tubo Aviso Junior	19	5	0
105	JME2	Junior	Cambiar Sello VEPACO	7	5	0
106	JME3	Junior	Instalar Base	11	5	0
107	JME4	Junior	Instalar Forros	42	5	0
108	JME5	Junior	Instalar Sellos	9	5	0
109	JME6	Junior	Pintar Base	6	5	0
110	JME7	Junior	Pintar Forros	32	5	0

111	JME8	Junior	Pintar Número	6	5	0
112	JME9	Junior	Pintar Tubo Junior	13	5	0

Tabla D.1: Actividades para la Gestión Operativa de Vallas en la empresa GTM. Fuente: Elaboración Propia.

www.bdigital.ula.ve

Apéndice C

C Manual de Usuario del Programa

El software desarrollado, tiene como finalidad planificar las actividades para una jornada laboral diaria del personal de cuadrilla del Departamento de Operaciones haciendo uso del modelo propuesto para la gestión de las actividades operativas de vallas publicitarias y, para hacer uso del programa, en el caso de que la laptop o PC tenga un sistema operativo que no sea software libre primero debe instalarse *VMware Workstation*²⁰ y dentro de este programa instalar el sistema operativo Ubuntu²¹ en cualquiera de sus versiones.

Una vez que tenga a su disposición Ubuntu, el primer paso es ubicar la consola (o terminal) desde donde se corre el programa, hay dos opciones para llevar a cabo este paso, escoja uno de los siguientes métodos:

1. Terminal mediante menú: Click en Aplicaciones->Accesorios->Terminal
2. Terminal mediante teclado: Presionar Alt+F2, escribir `gnome-terminal` y presionar enter

Luego de tener abierto el terminal, debe instalar una serie de librerías necesarias para el modelo pueda correr con el uso de la siguiente instrucción de consola:

```
sudo apt-get install glpk-utils libglpk-dev glpk-doc python-glpk
```

A continuación, es necesario ubicar el archivo donde está guardado el software en este caso la carpeta tiene el nombre de “Tesis” y se ubica en el home, para entrar en la carpeta debe escribir “`cd Tesis/`” en la consola, en el caso de no tener el archivo en su PC primero debe escribir “`git clone https://github.com/labradoresabrina/Tesis`” para clonar (o descargar) el repositorio donde está el software en su máquina, este paso se indica en el figura F.1.

Seguidamente debe usar la instrucción: “`make MenuManager`” y, luego de una serie de mensajes que muestra la consola, ingresar “`./menuManager`” en consola (figura F.2), una vez aplicado los pasos anteriores usted debe encontrarse con el menú principal del programa (figura F.3), este menú le indica las opciones posibles para navegar por el software, la primera opción es la gestión de bases de datos que se refiere a la modificación y visualización de la data de vallas y actividades con la que es alimentado el modelo.

```
sabrina@ubuntu:~$ cd Tesis/  
sabrina@ubuntu:~/Tesis$ make MenuManager
```

Figura F.1: Comandos de inicio en consola. Fuente: Software para la GOV.

²⁰ VMware Workstation es una de las herramientas de virtualización, es decir, un software que le permitirá simular un sistema operativo en su ordenador y puede ser descargado desde: <https://vmware-workstation.softonic.com/#app-softonic-review>

²¹ Para conocer como instalar Ubuntu puede dirigirse a <https://help.ubuntu.com/community/Installation/FromUSBStick>

```

char *query = "SELECT * FROM ACTIVIDADES";
utils.h: In function 'void getActividadesJunior()':
utils.h:986:19: warning: ISO C++ forbids converting a string constant to 'char*'
[-Wwrite-strings]
char *query = "SELECT * FROM ACTIVIDADES";
utils.h: In function 'void getActividadesEstandar()':
utils.h:1046:19: warning: ISO C++ forbids converting a string constant to 'char*'
[-Wwrite-strings]
char *query = "SELECT * FROM ACTIVIDADES";
utils.h: In function 'void getActividadesDERG()':
utils.h:1106:19: warning: ISO C++ forbids converting a string constant to 'char*'
[-Wwrite-strings]
char *query = "SELECT * FROM ACTIVIDADES";
In file included from menuManager.c:3:0:
utils.h: In function 'void insert_new_pendiente()':
utils.h:2012:35: warning: ISO C++ forbids converting a string constant to 'char*'
[-Wwrite-strings]
Py_SetProgramName("menuManager");
sabrina@ubuntu:~/Tests$ ./menuManager

```

Figura F.2: Comando de compilación. Fuente: Software para la GOV.

Al hacer uso de la primera opción del menú (figura F.4), usted puede: insertar una nueva valla, listar las vallas que ya posee en su base de datos, insertar una nueva actividad, listar las actividades que ya tiene guardadas en la base de datos del software y, llenar la base de datos principal usando los archivos llamados vallas.txt y actividades.txt, que son unos archivos de texto que contienen toda la información recopilada en la empresa, pueden ser modificados a través del uso de Microsoft Excel o Libre Office Calc, al abrir el archivo actividades.csv o vallas.csv (es decir, archivos separados por coma) en cualquiera de los dos software puede agregar una nueva línea (tomando en cuenta el orden de la información allí contenida) y, luego guardarlo como un archivo de texto, en Windows se puede hacer a través del blog de notas y en Ubuntu si puede hacerlo en el mismo software de Libre Office.

Gestion Operativa de Vallas [GTM 2014 C.A.]

- 1.- Gestion de BD
 - 2.- Gestion de Tareas Pendientes
 - 3.- Correr el Modelo
 - 4.- Imprimir Planificacion
 - 5.- Reportar Actividades
 - 6.- Salir
- Opcion: █

Figura F.3: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.

Sin embargo, las opciones de insertar una nueva valla e insertar una nueva actividad son pensadas para que usted pueda agregar un nuevo registro sin usar el archivo.txt, es decir, en el caso en que solo tenga unas pocas vallas y actividades que agregar y, quiere llevarlo a cabo a través de la consola. Si usted está iniciando el programa y aun no tiene nada en la base de datos entonces debe llenar las bases de datos con los archivos (opción 5) pues de lo contrario podría ser un proceso muy engorroso. Si desea chequear la cantidad de actividades o vallas ingresadas use la opción 2 y 4 respectivamente.

En la opción 1, dedicada al ingreso de una nueva valla usted debe llenar una serie de campos y hacer “enter” (figura F.5), estos campos son específicamente:

- Código: Es el código que tiene cada valla, para la empresa este es, por así decirlo, el nombre de cada valla y por lo tanto será el campo de referencia para diferenciar cada registro.
- Origen: es un campo que contiene el origen empresarial de cada unidad publicitaria y es utilizado para saber los lineamientos para tratar con el pago de impuestos, visitas y arrendamiento.
- Estado, Parroquia, Municipio, Dirección: son campos dirigidos a proporcionar información más detallada de la ubicación de la valla para guiar al personal de cuadrilla que debe visitarla.
- Visual: es un registro que cumple con la necesidad de informar al personal cual es la visual de la cartelera que pertenece al código de valla y así evitar inconvenientes cuando las vallas contienen doble cartelera.
- Condición: es un campo dirigido a reflejar en líneas generales el arrendador del sitio, es decir, si la valla está ubicada en un terreno, en azotea o en la pared (sitio de acceso restringido).
- Tipo: es el tipo de valla de cada registro.
- Alto y Ancho: son las dimensiones específicas de la valla.
- Longitud y Latitud: son las coordenadas de ubicación para cada valla, utilizadas para ejecutar la Google Maps API y hallar tiempos de recorrido.
- Inicio y Fin: son los campos que pertenecen a las ventanas de tiempo que tiene asociada cada valla, es decir, el minuto en que comienza y finaliza el horario en que se puede visitar la valla, donde cero (0) corresponde a las 8:00 am hasta trecientos (300) que corresponde a las 12:00 pm y luego desde trecientos uno (301) que corresponde de a las 2:01 pm a cuatrocientos ochenta (480) que representa a las 5:00 pm.

Luego de haber ingresado una nueva valla usted podrá verla listando las vallas en la opción 2. En la opción 3 para agregar una nueva actividad usted debe ingresar los siguientes campos:

- Código: es un campo único y se refiere al código que se le ha asignado a cada actividad (figura 4.1). Esto se llevó a cabo en la presente investigación con fines de reconocer la actividad a través de un nombre más corto. El código se genera de la siguiente forma: la primera letra corresponde al tipo de valla a la que va dirigida la actividad J: Junior, E: Estándar, D: DERG; las letras siguiente corresponden al tipo de actividad a la que se refiere I: Instalación, MC: Mantenimiento correctivo diferido de cartelera, ME: Mantenimiento correctivo diferido de estructura, MA: Mantenimiento correctivo de alrededores o contornos; luego se encuentran una serie de números que corresponden la numeración de la actividad y finalmente algunos códigos contienen una I al final y esto es porque se trata de mantenimiento correctivos diferidos asociados a vallas que también tienen instalación, sin embargo, poseen las mismas características que las actividades de mantenimiento sin instalación, sin embargo, tienen una prioridad más alta.

- Tipo: Se refiere específicamente al tipo de valla que está atendiendo la actividad (Junior, Estándar o DERG).
- Tiempo: es el tiempo de ejecución que se determinó para tal actividad.
- Prioridad: es un numero de 2 al 5 asignado según lo mencionado en capítulos anteriores, donde el 5 tiene la mayor prioridad y el 2 la menor.
- Instalación: es un booleano que indica si la actividad se trata de una instalación entonces es uno (1) de lo contrario es cero (0).

```
Gestion de Bases de Datos

1.- Insertar Valla
2.- Listar Vallas
3.- Insertar Actividad
4.- Listar Actividades
5.- Llenado de BD con archivos (vallas.txt y actividades.txt)
6.- Volver al menu anterior

Opcion: █
```

Figura F.4: Menú principal del programa. Fuente: Software para la GOV.

```
Opcion: 1
Insertar nueva valla
CODIGO: CCSA15009
ORIGEN: IMAGEN
ESTADO: DIST. FEDERAL
PARROQUIA: SAN JUAN
MUNICIPIO: LIBERTADOR
DIRECCION: AUTOPISTA FRANCISCO FAJARDO VIA CARICUAO, LADO DERECHO, SECTOR QUINTA
CRESPO
CONDICION: AZOTEA
VISUAL: E-0
TIPO: DERG
ALTO: 700
ANCHO: 1400
LONGITUD: -66.92322
LATITUD: 10.49496█
```

Figura F.5: Ejemplo de ingreso de una nueva valla. Fuente: Software para la GOV.

Después de haber gestionado satisfactoriamente los datos y tener ingresado en el sistema todas las vallas y actividades posibles, entonces puede volver al menú principal y marcar la opción 2, donde se gestionan las actividades que van a planificarse próximamente. En el menú de pendientes usted encontrara como primera opción insertar un pendiente, allí debe agregar: el código de la valla a la que se le asigna la actividad pendiente, el código de actividad que desea asignar a la valla y la fecha de ingreso o creación del requerimiento (figura F.6).

Una vez ingresado una a una las nuevas actividades pendientes, utilice la opción 2 del menú para imprimir en consola la lista de pendientes ingresada y verificarla, si necesita ayuda para ingresar algún pendiente, es decir, verificar el código de la valla a la que será asignada la tarea o recordar el código de actividad que debe asignar utilice la opción 3 y se desplegara un menú de ayuda donde podrá imprimir en consola los códigos de actividades por tipo de valla (opción 1, 2 y 3) e imprimir los códigos de vallas por tipo

de valla (opción 4, 5 y 6) y finalmente (opción 7) buscar una valla por código e imprimir si ubicación de Google Maps y tipo (figura F.7), adicionalmente, se agrega una lista de actividades y vallas al final de este manual para que el usuario pueda hacer uso de ellas al momento de ingresar una nueva actividad.

Al haber ingresado y corroborado la lista de las nuevas actividades pendientes usted puede generar la planificación para una jornada laboral diaria regresando al menú principal y utilizando la opción 4 (correr el modelo) donde el programa inicialmente le preguntara por el estado del vehículo propio de la empresa, si el vehículo está en buenas condiciones y listo para usarse entonces puede usar la opción “S o s”, de lo contrario, marque “N o n”. Si usted ha indicado que el vehículo de la empresa no está disponible para su uso, el programa procederá a sugerirle una cantidad de vehículos que debería subcontratar para atender las instalaciones vencidas. Si, usted ha ingresado que dispone del vehículo de la empresa para llevar a cabo las actividades entonces, el programa procederá a preguntarle respecto a las actividades de mantenimiento correctivo de emergencia que pueda haber pendientes, si hay un desmontado de aviso de cualquier tipo y para cualquier valla y planea llevarlo a cabo en la próxima planificación entonces debe ingresar la opción “S o s”, de lo contrario ingrese “N o n” (figura F.8).

Cuando el programa le sugiera una cantidad de vehículos a sub contratar, usted debe evaluar efectivamente cuál es su disposición para el contrato de vehículos e ingresar la cantidad real de vehículos que esté dispuesto a subcontratar para la jornada laboral que está planificando (figura F.9).

Una vez llevados a cabo los pasos anteriores el software generara la planificación diaria de actividades y la reflejara en un archivo con el nombre de “OC.txt”, si usted desea leer la planificación de actividades generada entonces utilice la opción 4 del menú principal (Imprimir Planificación) y esta automáticamente lo redirigir a un editor de texto que le mostrara el archivo generado, allí podrá imprimir el documento y si desea enviarlo por correo solo debe dirigirse a su bandeja de entrada, generar un nuevo correo, adjuntar el archivo, seleccionar los destinatarios y enviar el correo.

```
Menu de las Tareas Pendientes Por Ejecutar
1.- Insertar Pendiente
2.- Listar pendientes por realizarse
3.- Informacion de Ayuda
4.- Link del Mapa de vallas
5.- Volver al menu anterior
Opcion:
```

Figura F.6: Menú para gestionar las actividades pendientes por ejecutar. Fuente: Software para la GOV.

```
INFORMACION DE AYUDA PARA INSERTAR PENDIENTES
1.- Actividades para vallas JUNIOR
2.- Actividades para vallas ESTANDAR
3.- Actividades para vallas DERG
4.- Codigos de vallas tipo JUNIOR
5.- Codigos de vallas tipo ESTANDAR
6.- Codigos de vallas tipo DERG
7.- Consultar codigo de valla
8.- Volver al menu anterior
Opcion: █
```

Figura F.7: Menú para mostrar información de ayuda en la introducción de nuevas actividades pendientes. Fuente: Software para la GOV.

Es importante mencionar que la orden de carretera generada por el programa (OT.txt) contiene los datos necesarios para entregarle la planificación directamente al personal de cuadrilla, en primer lugar, organiza la planificación por vehículo, luego a cada vehículo de informa el orden de visita de la valla, el código de la valla, la dirección a la que debe dirigirse, la visual que debe tener la valla, el tipo de valla, la lista de actividades que llevara a cabo y para cada vehículo genera un enlace a Google Maps donde se observa la ruta de visita generada.

```

-----> Generar Planificacion Diaria <-----
El vehiculo propio esta disponible? (SI=S,NO=N): S
Se necesita desmontar un aviso? (SI=S,NO=N): S

```

Figura F.8: Ingreso de características del vehículo. Fuente: Software para la GOV.

Se sugiere subcontratar --> 3 <-- vehiculos

Cuantos vehiculos se van a subcontratar?: 3

Figura F.9: Ingreso de vehículos subcontratados. Fuente: Software para la GOV.

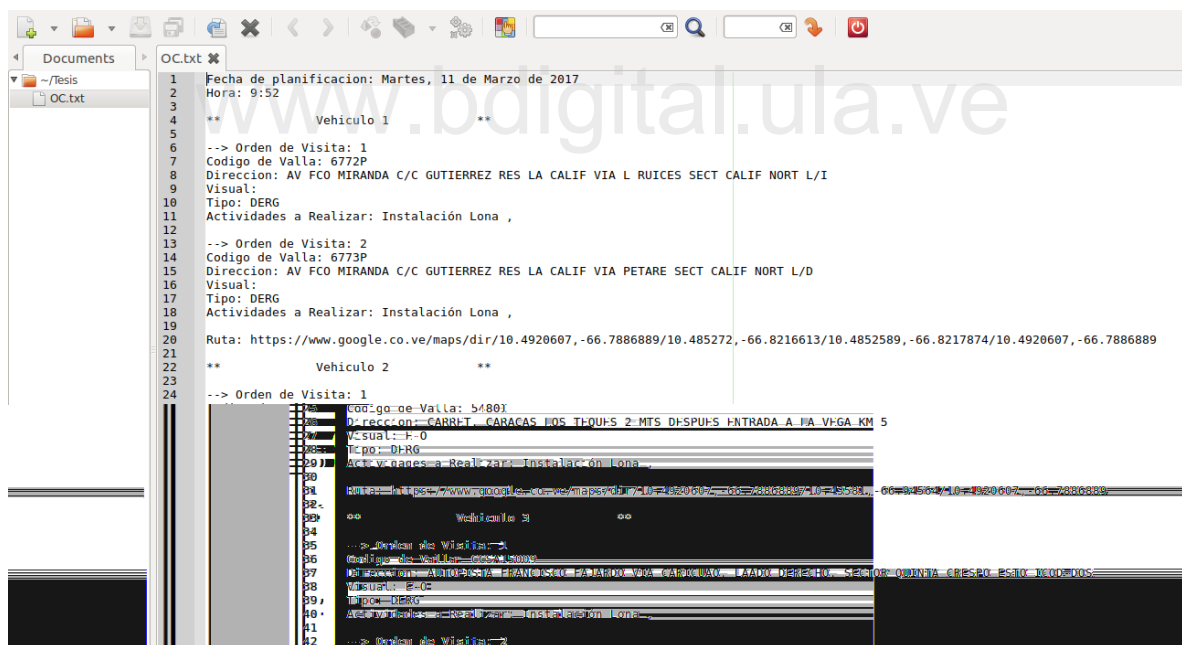


Figura F.10: Impresión de la planificación de actividades. Fuente: Software para la GOV.

Finalmente, luego de haber llevado a cabo las actividades, debe llevarse a cabo el reporte de actividades según la información recopilada por el personal de cuadrilla, para esto debe volver al terminal y en el menú principal marcar la opción 5 (reportar actividades) donde se desplegara el menú de reportes y allí usted puede imprimir en consola las actividades que el modelo ha planificado para el día de trabajo (opción 1)

y, para reportar el estado de las actividades debe utilizar la opción 2 si la actividad se llevó a cabo por el personal de cuadrilla en el día planificado y la opción 3 si por el contrario la actividad no pudo llevarse a cabo. Si, por alguna razón, la planificación diaria de actividades no pudo completarse en totalidad entonces utilice la opción 4 para indicar al programa que todas las actividades planificadas pasan a estar pendientes nuevamente. Luego de haber hecho el reporte de actividades puede corroborar la lista de actividades pendientes para una nueva planificación y la lista de actividades ya realizadas para llevar seguimiento de las actividades operativas llevadas a cabo.

```
MENU REPORTES
1.- Listar actividades planificadas
2.- Cambiar Estado a LISTO
3.- Cambiar Estado a PENDIENTE
4.- Jornada laboral anulada
5.- Listar actividades pendientes
6.- Listar actividades realizadas
7.- Volver al menu anterior
Opcion: █
```

Figura F.11: Menú para reportar actividades. Fuente: Software para la GOV.

www.bdigital.ula.ve

Apéndice D

D Extracto de OC: desde 01-11-2016 hasta 29-11-2016

Día 1: 01/11/2016

OC con vehículo propio activo y ningún vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5020H

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5000C

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5001C

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5008R

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4789,-66.85472/10.51083,-66.904/10.51083,-66.904/10.43307,-66.98357/10.4920607,-66.7886889>

Día 2: 02/11/2016

OC con vehículo propio activo y ningún vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 6772P

Actividades a Realizar: Retiro de Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5076A

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5079A

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5000C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5001C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.485272,-66.8216613/10.48742,-66.87324/10.48792,-66.87236/10.51083,-66.904/10.51083,-66.904/10.4920607,-66.7886889>

Día 3: 03/11/2016

OC con vehículo propio activo y ningún vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5121T

Actividades a Realizar: Retiro de Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5122T

Actividades a Realizar: Retiro de Lona,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5144K

Actividades a Realizar: Retiro de Lona,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49739,-66.93476/10.49561,-66.93424/10.49419,-66.85255/10.4920607,-66.7886889>

Día 4: 04/11/2016

OC con el vehículo propio disponible y ningún vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5192P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5217H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.47484,-66.81382/10.47985,-66.85408/10.4920607,-66.7886889>

Día 5: 07/11/2016

OC con el vehículo propio disponible y dos vehículos subcontratados

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5008R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 6772P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5079A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.43307,-66.98357/10.485272,-66.8216613/10.48792,-66.87236/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1

código de Valla: 5046G

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5076A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5121T

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48828,-66.94559/10.48742,-66.87324/10.49739,-66.93476/10.4920607,-66.7886889/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 3 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5336H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5020H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5035C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5048S

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5053K

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.46365,-66.86391/10.4789,-66.85472/10.49416,-66.91119/10.48802,-66.92263/10.5017,-66.87125/10.4920607,-66.7886889>

Día 6: 08/11/2016

OC con vehículo propio disponible y ningún vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5005R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5122T

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5136C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4924,-66.92049/10.49561,-66.93424/10.49541,-66.91079/10.4920607,-66.7886889>

Día 8: 10/11/2016

OC con el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5383E

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5443R

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5465A

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5076A

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5079A

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48584,-66.91117/10.43412,-66.97331/10.48946,-66.84829/10.48742,-66.87324/10.48792,-66.87236/10.4920607,-66.7886889>

Día 9: 11/11/2016

OC con el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5144K

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5161R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5383E

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5384E

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.49419,-66.85255/10.48075,-66.95155/10.48584,-66.91117/10.48841,-66.92214/10.4920607,-66.7886889>

Día 10: 14/11/2016

OC con vehículo propio disponible y dos vehículos subcontratados

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5585A

Actividades a Realizar: Retiro de Lona, Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5465A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48706,-66.86579/10.48946,-66.84829/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5529C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5400T

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5407M

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5443R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4955,-66.91972/10.51021,-66.92652/10.49236,-66.76097/10.43412,-66.97331/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 3 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5565A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5570D

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5603A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48713,-66.87196/10.47531,-66.81796/10.49108,-66.8803/10.4920607,-66.7886889>

Día 11: 15/11/2016

OC con el vehículo de la empresa no disponible (por estar desmontando un aviso) y un vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 6084R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5076A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5079A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.43345,-66.9626/10.48742,-66.87324/10.48792,-66.87236/10.4920607,-66.7886889>

Día 12: 16/11/2016

OC con el vehículo de la empresa no disponible (por estar desmontando un aviso) y un vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5529C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5565A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5603A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4955,-66.91972/10.48713,-66.87196/10.49108,-66.8803/10.4920607,-66.7886889>

Día 13: 17/11/2016

OC con el vehículo de la empresa no disponible (por estar desmontando un aviso) y un vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5529C

Actividades a Realizar: Instalación Lona Premium,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.4955,-66.91972/10.4920607,-66.7886889>

Día 14: 18/11/2016

OC con el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5702H

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5762I

Actividades a Realizar: Retiro de Lona,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5684R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48235,-66.85593/10.36887,-66.88955/10.48839,-66.94033/10.4920607,-66.7886889>

Día 15: 21/11/2016

OC con el vehículo propio no disponible y un vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5696S

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5702H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48232,-66.8911/10.48235,-66.85593/10.4920607,-66.7886889>

Día 16: 22/11/2016

OC con el vehículo propio no disponible y un vehículo subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5684R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5696S

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48839,-66.94033/10.48232,-66.8911/10.4920607,-66.7886889>

Día 17: 23/11/2016

OC con el vehículo propio no disponible y dos vehículos subcontratados

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5702H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5837H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48235,-66.85593/10.4319,-66.85162/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5762I

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5805R

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.36887,-66.88955/10.49621,-66.90527/10.4920607,-66.7886889>

Día 18: 24/11/2016

OC con el vehículo propio no disponible y dos vehículos subcontratados

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5842S

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5916P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5919P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5977A

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5982H

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48802,-66.92263/10.47371,-66.80866/10.4743,-66.81489/10.48989,-66.87664/10.44582,-66.87427/10.4920607,-66.7886889>

** Vehículo 2 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5917P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5921P

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5987D

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5992D

Actividades a Realizar: Instalación Lona Regular,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.47569,-66.81051/10.47459,-66.81567/10.47959,-66.83214/10.47959,-66.83214/10.4920607,-66.7886889>

Día 19: 25/11/2016

OC para el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5702H

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5919P

Actividades a Realizar: Retirar Lona,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5982H

Actividades a Realizar: Raspar Juego de Paneles Doble,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5046G

Actividades a Realizar: Pintar Base,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5035C

Actividades a Realizar: Pintar Base,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48235,-66.85593/10.4743,-66.81489/10.44582,-66.87427/10.48828,-66.94559/10.49416,-66.91119/10.4920607,-66.7886889>

Día 20: 28/11/2016

OC para el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 6772P

Actividades a Realizar: Pintar Base,

--> Orden de Visita: 2

Código de Valla: 5144K

Actividades a Realizar: Pintar Base,

--> Orden de Visita: 3

Código de Valla: 5136C

Actividades a Realizar: Raspar Paneles,

--> Orden de Visita: 4

Código de Valla: 5805R

Actividades a Realizar: Cambiar Sello VEPACO,

<https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.485272,-66.8216613/10.49419,-66.85255/10.49541,-66.91079/10.49621,-66.90527/10.4920607,-66.7886889>

Día 21: 29/11/2016

OC para el vehículo propio disponible y ningún subcontratado

** Vehículo 1 **

--> Orden de Visita: 1

Código de Valla: 5837H

Actividades a Realizar: Cambiar Sello VEPACO,

--> Orden de Visita: 5

Código de Valla: 5917P

Actividades a Realizar: Pintar Base,

Ruta: <https://www.google.co.ve/maps/dir/10.4920607,-66.7886889/10.48839,-66.94033/10.4319,-66.85162/10.48802,-66.92263/10.47371,-66.80866/10.47569,-66.81051/10.4920607,-66.7886889>