



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA
EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA
DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA
INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD**

Ing. Gabriel José Ortiz Flores

Asesorado por el MSc. Ing. Ismael Homero Jerez González

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA
EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA
DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA
INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. GABRIEL JOSÉ ORTIZ FLORES

ASESORADO POR EL MSC. ING. ISMAEL HOMERO JEREZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA

DECANO	Mtro. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DIRECTOR	Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
COORDINADORA	Dra. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADOR	Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Mtra. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA
EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA
DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA
INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, en agosto de 2018.



Ing. Gabriel José Ortiz Flores

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar siempre a mi lado, llenando de bendiciones mis días, siendo la culminación de este ciclo académico una de ellas.
- Mi madre** Gladys Flores, quien con su amor incondicional me ha sabido guiar por la vida sin dejar de motivarme para alcanzar mis sueños.
- Mi padre** Edgar Ortiz, quien con el fruto del esfuerzo de su trabajo diario me brindó su apoyo para cursar los primeros trimestres de la maestría.
- Mi hermano** Andrés Ortiz, quien por sus logros alcanzados se ha convertido en mi ejemplo profesional a seguir.
- Mis amigos** Danner Pérez, José Castillo y Oscar Vicente, quienes fueron siempre un gran apoyo en la elaboración de los proyectos realizados durante la maestría. Gracias por haber compartido momentos amenos y grandes esfuerzos para presentar trabajos sobresalientes.

AGRADECIMIENTOS A:

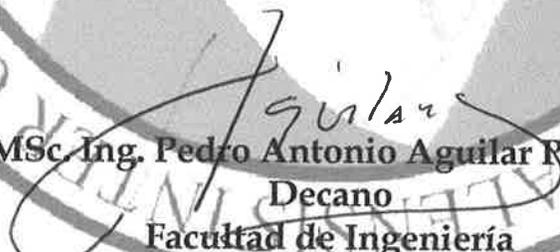
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en esta histórica casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por aportar los conocimientos técnicos que hoy en día puedo poner en práctica en el ejercicio de mi profesión.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por ser una parte muy importante en la continuación de mi formación profesional, complementando mis conocimientos en el área administrativa, desarrollando en mí competencias gerenciales.
Doctora	Aura Marina Rodríguez, por su valioso apoyo en la revisión de este trabajo de graduación y retroalimentación en su contenido.
Ingeniero	Ismael Jerez, por haberme brindado su valioso tiempo y apoyo como asesor de este trabajo de graduación.
Ingeniero	Jorge Morales, por haberme abierto las puertas de su empresa para desarrollar este trabajo de graduación.

Ref.APT-2018-019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Gestión Industrial titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD"** presentado por el Ingeniero Electrónico **Gabriel José Ortiz Flores**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


MSc. Ing. Pedro Antonio Aguilar Rolanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2018-019

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD"** presentado por el Ingeniero Electrónico **Gabriel José Ortiz Flores**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2018-019

Como Coordinadora de la Maestría en Artes en Gestión Industrial doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD"** presentado por el Ingeniero Electrónico **Gabriel José Ortiz Flores**.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Dra. Alba Maritza Guerrero Spínola

Coordinador(a) de Maestría

Escuela de Estudios de Postgrado

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc archivo/LZLA.

Ref.APT-2018-019

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Electrónico **Gabriel José Ortiz Flores** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA GPS E INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS TÉCNICOS RUTEROS DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES, PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD"** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Ismael Homero Jerez González

Asesor

Maestro en Análisis y Administración de la Confiabilidad

MSC. ISMAEL HOMERO JEREZ GONZÁLEZ
INGENIERO INDUSTRIAL
TELEFONO 3,130

Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XV
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Servicios de telecomunicaciones e informática	1
1.1.1. Servicios de telecomunicaciones.....	1
1.1.2. Servicios informáticos.....	2
1.1.3. El sector de las telecomunicaciones e informática en Guatemala	2
1.1.3.1. El mercado de la telefonía	3
1.1.3.2. El mercado de datos e internet.....	5
1.1.3.3. El mercado de la televisión y radio	6
1.1.3.4. Equipos utilizados en el mercado	6
1.1.4. Empresa de estudio.....	6
1.1.4.1. Área de cobertura.....	7
1.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	7
1.2.1. Funcionamiento del sistema GPS.....	9

1.2.2.	Fuentes de error del sistema GPS	11
1.2.3.	Beneficios del sistema GPS para la empresa	13
1.2.4.	Plan acción para poner a funcionar el sistema GPS en la empresa	14
1.2.5.	El sistema GPS y la productividad	15
1.2.6.	El sistema GPS y el monitoreo vehicular.....	16
1.3.	Indicadores de desempeño	18
1.3.1.	Enfoque de los indicadores	19
1.3.2.	Elementos de los indicadores de desempeño	21
1.3.3.	Funciones de los indicadores de desempeño	22
1.3.4.	Criterios técnicos de evaluación de los indicadores de desempeño	23
1.3.5.	Metodología para la construcción de indicadores de desempeño.....	24
1.4.	Productividad	26
1.4.1.	Factores que impactan la productividad.....	28
1.4.1.1.	Factores externos.....	28
1.4.1.2.	Factores internos.....	28
1.4.2.	Indicadores de la productividad en la empresa	30
1.4.3.	Importancia de la medición e incremento de la productividad en la empresa	31
1.4.4.	Productividad en ruta	33
1.5.	Competitividad	34
1.5.1.	Ventajas competitivas	34
1.5.2.	Estrategias para incrementar la competitividad.....	35
1.5.3.	La gestión tecnológica y la competitividad	37
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	39
2.1.	Información general de la empresa.....	39

2.1.1.	Misión de la empresa.....	40
2.1.2.	Visión de la empresa	40
2.1.3.	Valores institucionales	40
2.2.	Diagnóstico situacional de la empresa	41
2.2.1.	Aplicación de la observación directa.....	41
2.2.2.	Aplicación de la entrevista estructurada	44
2.2.3.	Fortalezas y debilidades del monitoreo de las actividades de los técnicos en ruta	51
3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	53
3.1.	Propuesta de sistema GPS	53
3.1.1.	Traccar	54
3.1.2.	Estructura del servidor.....	55
3.1.2.1.	Instalación del servidor	56
3.1.3.	Estructura del cliente	62
3.1.3.1.	Instalación del cliente	63
3.1.4.	Configuraciones especiales.....	67
3.1.4.1.	Configuración de alertas.....	67
3.1.4.2.	Generación de reportes	70
3.1.5.	Costo de la propuesta.....	74
3.2.	Definición de los indicadores de desempeño	76
3.2.1.	Efectividad en las visitas realizadas	77
3.2.2.	Días de dilación	78
3.2.3.	Tiempo promedio por visita.....	79
3.2.4.	Visitas realizadas por técnico	80
4.	IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE LA SOLUCIÓN.....	81
4.1.	Proceso de implementación de la solución GPS	81
4.1.1.	Adquisición de los recursos materiales.....	81

4.1.2.	Implementación del sistema en la cultura organizacional	83
4.2.	Monitoreo de la solución	91
5.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
5.1.	Resultados del monitoreo efectuado en Traccar Server	93
5.2.	Resultados del indicador efectividad en las visitas realizadas	96
5.3.	Resultados en las visitas canceladas en dilación.....	100
5.4.	Resultados del indicador días de dilación	101
5.5.	Resultados del indicador tiempo promedio por visita	104
5.6.	Resultados del indicador visitas realizadas por técnico	107
5.7.	Discusión de resultados	108
5.7.1.	Análisis interno	109
5.7.2.	Análisis externo	112
	CONCLUSIONES.....	115
	RECOMENDACIONES	119
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
	ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Comportamiento del mercado de la telefonía en los últimos siete años.....	4
2.	Triangulación y funcionamiento del sistema GPS	10
3.	Efecto multitrayectoria en la medición GPS	12
4.	Dilución de la precisión en la medición GPS.....	13
5.	Beneficios de incrementar la productividad en la organización.....	32
6.	Proceso de verificación de las rutas cubiertas	46
7.	Rastreo en vivo en Traccar utilizando mapas básicos	55
8.	Descarga de Java para Windows.....	57
9.	Descarga de Traccar para Windows	58
10.	Inicialización de Traccar en Windows	59
11.	Pantalla de inicio Traccar Server	59
12.	Ventana principal Traccar Server	60
13.	Botón agregar dispositivos en Traccar Server	60
14.	Ventana agregar nuevo dispositivo	61
15.	Interfaz Traccar Manager	62
16.	Descarga de Traccar Client en su versión oculta	64
17.	Ícono Traccar Client versión oculta	64
18.	Ingreso de la dirección IP pública asignada al servidor.....	65
19.	Identificador del dispositivo cliente	65
20.	Activación de notificaciones hacia el servidor	66
21.	Acceso a Traccar Client luego de haber sido ocultada	67
22.	Configuración de alertas vía correo electrónico	68

23.	Selección de eventos a ser notificados.....	69
24.	Reporte generado por Traccar.....	70
25.	Reporte generado por Traccar exportado al programa MS Excel.....	71
26.	Visualización de la ruta realizada por un técnico	72
27.	Visualización de un tramo en la ruta del técnico.....	73
28.	Ubicación de las paradas realizadas en la cobertura de una ruta	74
29.	Formato seguimiento diario del técnico	86
30.	Formato resumen del seguimiento del técnico	89
31.	Variabilidad del tiempo medio entre tramos.....	95
32.	Variabilidad de la distancia media recorrida por ruta	96
33.	Variabilidad en la efectividad individual en las visitas realizadas.....	98
34.	Efectividad en las visitas para los últimos seis meses.....	99
35.	Visitas canceladas en dilación para los últimos seis meses	100
36.	Variabilidad del indicador individual días de dilación	101
37.	Variabilidad del indicador individual tiempo promedio por visita	106
38.	Promedio de visitas realizadas por técnico para los últimos seis meses.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Municipios de la región metropolitana visitados por los técnicos durante el segundo semestre del 2016	42
II.	Cantidad de órdenes no completadas en su día de programación	44
III.	Desglose mensual de costo por técnico.....	47
IV.	Órdenes en dilación canceladas en el año 2016.....	49
V.	Estimación de costos de implementación y mantenimiento de la solución propuesta	75
VI.	Ejemplo de cálculo del indicador TPV	79
VII.	Costos reales de implementación y mantenimiento de la solución propuesta	82
VIII.	Cantidad de paradas fuera de ruta para cada uno de los técnicos	93
IX.	Mejores y peores resultados para el indicador efectividad individual en las visitas realizadas	97
X.	Efectividad global en las visitas realizadas	99
XI.	Indicador individual días de dilación.....	102
XII.	Indicador global días de dilación	103
XIII.	Indicador individual tiempo promedio por visita.....	104
XIV.	Indicador global tiempo promedio por visita	106
XV.	Indicador visitas realizadas por técnico.....	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
GB	Gigabyte
h	Hora
km	Kilómetro
min	Minuto
Q	Quetzal
s	Segundo
\bar{x}	Valor promedio

GLOSARIO

APK	Android Application Package. Aplicación empaquetada de Android.
APP	Aplicación informática diseñada para teléfonos móviles inteligentes.
Competitividad	Capacidad que tiene una empresa de ser rentable en el mercado.
Costo	Dinero que una empresa invierte para la producción de algún artículo o prestación de algún servicio.
<i>Dashboard</i>	Representación gráfica de los principales indicadores que intervienen en la consecución de los objetivos de una empresa.
Dilación	Retraso en un proceso o actividad.
Geocodificación	Asignación de coordenadas geográficas a puntos en un mapa.
GPS	<i>Global Positioning System.</i> Sistema de Posicionamiento Global.

<i>Hardware</i>	Componentes que conforman la estructura física de un equipo electrónico.
Indicador	Medida del nivel del desempeño de un proceso.
Nube	Red de servidores, computadoras y demás componentes que conforman internet.
<i>Open source</i>	Software de código abierto.
Productividad	Relación entre el resultado de una actividad productiva y los medios necesarios para obtenerlo.
RAM	Random Access Memory. Memoria de acceso aleatorio.
SMS	Short Message Service, servicio de mensajes cortos por medio de teléfonos móviles.
<i>Software</i>	Programa que permite la realización de tareas específicas de un equipo electrónico.
<i>Stakeholders</i>	Interesados directos e indirectos de una empresa que le brindan algún tipo de apoyo y ante los cuales la misma es responsable.

RESUMEN

Se abordó un problema relacionado a la ineficiencia en el control de la productividad de los técnicos ruteros de una empresa prestadora de servicios informáticos y de telecomunicaciones. Situación que ha conllevado a incrementar los costos de operación y el número de quejas y cancelaciones por clientes no atendidos.

Con el objetivo de darle solución a esta problemática e incrementar así la productividad y competitividad de estos trabajadores, se implementó un sistema GPS *open source* que permitió optimizar el presupuesto destinado para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se crearon los indicadores de desempeño cuya medición periódica conllevará a una gestión, basada en la mejora continua.

Como esquema de solución, se trabajó bajo cinco fases de investigación: revisión documental de la teoría existente y el estado del arte, diagnóstico preliminar de la situación, determinación de la solución y elaboración de indicadores de desempeño, implementación de la solución y evaluación de los resultados obtenidos.

Los resultados alcanzados permiten concluir que el nuevo modelo de monitoreo fue implementado eficazmente en la organización. Se mostraron mejoras significativas en el desempeño en ruta de los técnicos pertenecientes a la región metropolitana, quienes no solo hicieron un uso más eficiente del tiempo en su jornada laboral, sino que también brindaron un mejor servicio, atendiendo

a cliente con mayor prontitud y rapidez; reduciendo así la cantidad de visitas canceladas.

Se logró una reducción de las paradas no autorizadas en ruta en 59 %, así como de las visitas cubiertas en dilación en 1.15 %. Asimismo, las visitas canceladas en dilación disminuyeron en 50 % y el tiempo por visita se acercó a la meta de atender a los clientes en un promedio de 1.5 horas. Con los indicadores implementados y las alertas de la plataforma GPS elegida, el comportamiento en ruta de los técnicos podrá ser monitoreado constantemente, permitiendo tomar de forma oportuna cualquier medida preventiva o correctiva que sea necesaria.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

Problema

Ineficiencia en el control y monitoreo de los técnicos ruteros, el cual es realizado sin el apoyo de herramientas tecnológicas e indicadores que optimicen su gestión, ocasionando un uso inadecuado de los recursos que la empresa asigna para llevar a cabo la cobertura de rutas, incurriendo en costos adicionales.

Descripción del problema

La empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones en la que se realizó el trabajo de investigación fue fundada en el año de 1996, con el propósito principal de proveer servicios de alta tecnología y sistemas informáticos de la más alta calidad. Para el año 2016, se tiene cobertura para toda Guatemala, proveyendo soluciones informáticas de alto desempeño a personas individuales, PYMES y corporaciones. Con dicha cobertura se abarcan las siguientes áreas: televisión y telefonía satelital, fibra óptica, videovigilancia, seguridad informática, cableado estructurado, *data centers*, redes alámbricas e inalámbricas, venta y reparación de equipo de cómputo, programación, asesoría, venta de software, entre otras.

En el mes de enero del año 2016 fueron contratados dos técnicos ruteros adicionales para la región metropolitana, como consecuencia de los resultados de operación del año anterior, se mostró un elevado número de quejas relacionadas con atrasos en las visitas programadas. Esta decisión ha significado

un incremento en los costos asociados al transporte, específicamente en el rubro del salario del equipo rutero. Debido a que dichas quejas aún son recibidas, se tiene la sospecha de que los técnicos se encuentran utilizando los vehículos para fines no laborales, lo que refleja la existencia de rutas cubiertas en dilación. Adicional, no se tienen indicadores concretos que reflejen el comportamiento de los diversos factores de la productividad de estos empleados. Se identifica así que el problema a investigar consiste en la ineficiencia del control con el que se monitorea la productividad de los técnicos en la cobertura de las distintas rutas, lo que ha dificultado la toma de decisiones acertadas para mejorar esta problemática.

Formulación del problema

Pregunta central

- ¿Cómo la implementación de un sistema GPS y sus indicadores de desempeño incrementará la productividad y competitividad de los técnicos rutereros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones?

Preguntas auxiliares de investigación

- ¿Cómo monitorea la empresa la productividad de los técnicos rutereros?
- ¿Qué sistema GPS es el apropiado para mejorar la productividad de los técnicos en la cobertura de rutas?
- ¿Qué indicadores de desempeño permiten mantener el mejor control de la productividad del equipo de técnicos rutereros y la eficiencia en los recursos utilizados, luego de la implementación del sistema GPS?

- ¿Cómo integrar el nuevo modelo de monitoreo a la función de los técnicos ruteros?
- ¿Qué beneficios se obtendrán al implementar el sistema GPS y sus indicadores de desempeño?

Delimitación

Las oficinas centrales de la empresa analizada se encuentran ubicadas en la zona 1 de la ciudad capital. El tiempo de elaboración de la investigación fue de siete meses, empezando a finales de octubre de 2016 y culminando en el mes de mayo de 2017. El objeto de estudio correspondió al equipo de técnicos ruteros asignados a la región metropolitana.

OBJETIVOS

General

Implementar un sistema GPS y sus indicadores de desempeño para incrementar la productividad y competitividad de los técnicos ruteros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones.

Específicos

1. Analizar la manera en que la empresa monitorea la productividad de los técnicos ruteros previo a la realización del trabajo de investigación, para identificar sus fortalezas y debilidades.
2. Determinar el sistema GPS más apropiado que permita mejorar la productividad de los técnicos en la cobertura de rutas.
3. Establecer los indicadores de desempeño más adecuados que, tras la implementación del sistema GPS, permitan mantener el mejor control de la productividad del equipo de técnicos ruteros y la eficiencia de los recursos utilizados en sus labores.
4. Aplicar la metodología existente para integrar adecuadamente el nuevo modelo de monitoreo a la función de los técnicos ruteros.
5. Evaluar los beneficios obtenidos por la empresa, con la implementación del sistema GPS y sus indicadores de desempeño.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación se enmarcó en un estudio con un enfoque mixto cualitativo-cuantitativo. El enfoque cualitativo se vio reflejado en la descripción de dos situaciones diferentes en el tiempo, haciendo referencia a las diferencias y similitudes encontradas entre cada una. Por otro lado, la parte cuantitativa radicó en que dicha descripción fue respaldada con el análisis e interpretación de información estadística, proveniente de la medición de indicadores que fueron formulados para tal fin.

El diseño fue no experimental, debido a que las situaciones propuestas fueron mostradas y analizadas tal y como se presentaron, sin recurrir a ensayos bajo condiciones forzadas. Es decir, no existió un control sobre las variables monitoreadas, ni una manipulación explícita y directa de las mismas.

El alcance correspondió al tipo descriptivo, ya que se expresó de una manera simple cómo era la situación estudiada y qué mejoras se obtuvieron, sin profundizar en un análisis basado en la determinación de sus causas y consecuencias. Se describieron los hallazgos encontrados tanto de la situación previa, como posterior a la implementación de la solución.

Las principales variables estudiadas fueron las siguientes: productividad, costo por técnico, tiempo entre tramos, kilometraje recorrido, tiempo de visita por cliente, rutas cubiertas y no cubiertas, visitas canceladas en dilación, días de dilación y paradas no autorizadas en ruta.

Los indicadores con los que se midieron dichas variables consistieron en conteo de eventos, porcentaje del total y tasas de variación mensual. Así mismo, los instrumentos utilizados para poderlas recopilar y analizar correspondieron a la observación directa e indirecta, línea base de información, entrevista estructurada, gráfico de líneas, diagrama de cajas y tablas de porcentajes y cantidades como se verá más adelante.

La metodología propuesta para solucionar el problema planteado consistió en cinco fases principales:

1. Recolección selectiva de la bibliografía existente, en donde se identificaron aquellas teorías que sirvieron de guía para el desarrollo de la investigación.
2. Diagnóstico de la situación de la empresa, en donde se describió la estructura de la división de técnicos ruteros y los problemas con respecto a su productividad, eligiendo como muestra de estudio los veinticinco técnicos asignados a la región metropolitana.
3. Determinación de la solución GPS más adecuada para abordar las necesidades detectadas y realización de los indicadores de desempeño, cuya evaluación constante permitirá comprender cómo se encuentra la productividad de la muestra y cómo es la eficiencia en la utilización de los recursos asignados.
4. Implementación de la solución, estableciendo un período de tres meses para recolectar toda la información que permitió describir la productividad en ruta de los técnicos con el nuevo sistema.

5. Evaluación de los datos obtenidos con los indicadores propuestos, para describir y analizar cómo fue la situación productiva de los técnicos en los primeros tres meses de funcionamiento de la solución, para determinar qué cambios existieron en la productividad.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación, se abordó un problema relacionado a la ineficiencia en el control de los técnicos rutereros de una empresa prestadora de servicios informáticos y de telecomunicaciones. Teniendo el aval de los directivos y con el objetivo de incrementar la productividad y competitividad de este grupo de empleados, se implementó un sistema GPS como la herramienta de monitoreo, en conjunto con los indicadores de desempeño cuya medición constante conllevará a hacer más eficientes los recursos utilizados.

Para resolver el problema planteado se recurrió a una metodología fundamentada en la teoría existente para implementar eficazmente un sistema GPS en cualquier organización. Debido a que se contaba con un presupuesto muy limitado y se buscaba que la solución no incrementara los costos de operación a mediano plazo, se eligió trabajar con un sistema *open source* capaz de satisfacer las necesidades detectadas.

Los resultados obtenidos mostraron la forma en la que un sistema GPS, como control vehicular, puede ayudar a una empresa a incrementar su productividad y competitividad sin importar el rubro al que se dedique y el tamaño de su flota de vehículos. El indicador con el que se contaba fue reformulado y se crearon otros tres, cuyo análisis periódico facilitará la gestión de los veinticinco técnicos pertenecientes a la región metropolitana (la muestra de estudio). Debido a las mejoras presentadas que muestran el éxito de la investigación y la solución propuesta, el contenido de este informe puede ser tomado como un punto de partida para otros autores que se encuentren abordando un problema similar.

Los capítulos desarrollados fueron distribuidos de manera que se pudiera comprender de forma sencilla y sustancial, cómo fue implementada la solución. Se inició con el capítulo uno, marco teórico, realizando una descripción de la teoría existente bajo la que se sustentaron los capítulos posteriores. Asimismo, se hizo una revisión del estado del arte para tener criterios que al momento de discutir los resultados permitieran identificar los nuevos aportes al conocimiento.

En el segundo capítulo, desarrollo de la investigación, se llevó a cabo el diagnóstico situacional de la empresa y básicamente se centró en la descripción de los procesos de control en ruta utilizados y resultados obtenidos, previo a implementar la solución. Se identificaron los principales puntos de mejora que debían ser abordados.

Posteriormente en el capítulo tres, propuesta de solución, se determinó la solución que mejor se adaptaba a las necesidades detectadas. Se justificó la elección de la propuesta basada en cuatro criterios principales: inversión a realizar, funcionalidad, información desplegada y facilidad de implementación. Del mismo modo, se elaboraron cuatro indicadores de desempeño que se consideran como los adecuados para monitorear la productividad de los técnicos en ruta.

En el capítulo cuatro, implementación y monitoreo de la solución, la propuesta fue puesta en marcha siguiendo la metodología utilizada como guía, y se obtuvieron los primeros resultados estadísticos de tres meses de funcionamiento. Posteriormente, se continuó con el capítulo cinco, presentación y discusión de resultados, en donde basado en la información recopilada, se evaluó la efectividad de la solución, haciendo énfasis en las mejoras obtenidas y su relación con otras investigaciones.

Se puede concluir que la investigación trajo consigo beneficios, tanto para la empresa en sí, como para los clientes. Los resultados obtenidos mostraron mejoras significativas en el desempeño en ruta de los técnicos de la región metropolitana, quienes no solo hicieron un uso más eficiente del tiempo en su jornada laboral, sino que también brindaron un mejor servicio. Los clientes fueron atendidos con mayor prontitud y rapidez; reduciendo así la cantidad de visitas canceladas, incrementando la rentabilidad y competitividad del negocio.

1. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de la investigación se basará en la teoría recopilada acerca de la productividad y competitividad, los factores que las afectan y cómo pueden incrementarse dentro de la empresa, utilizando un sistema GPS para el control de una flota. El desempeño del sistema deberá ser evaluado por medio de indicadores que deberán ser construidos para facilitar el análisis de los resultados obtenidos. Dicha teoría se desarrolla a continuación.

1.1. Servicios de telecomunicaciones e informática

Para entender el ámbito en que se desarrolla la empresa, donde se realiza el estudio es necesario realizar la definición de cada uno de los servicios que ofrece en el mercado.

1.1.1. Servicios de telecomunicaciones

Roca (2012), define una empresa que brinda servicios de telecomunicaciones como aquella que ofrece utilizar la tecnología telefónica como principal medio de comunicación. La misma se encuentra conformada por distribuidores y vendedores de hardware y software.

Acorde a este autor, entre los servicios que ofrece una empresa de telecomunicaciones se pueden mencionar telefonía local, larga distancia, servicios de comunicación inalámbrica, Internet y operadores de televisión por cable.

1.1.2. Servicios informáticos

Alegsa (2016), define los servicios informáticos como aquellos que involucran el soporte técnico brindado por un especialista en reparación de hardware y software. Según Anzil (2007), los servicios informáticos tienen como objetivo principal proporcionar un servicio que satisfaga las necesidades al gestionar la información y las comunicaciones. Dicho objetivo se desglosa en los siguientes:

- Planificar, implementar y mantener los sistemas de información.
- Planificar, implementar y mantener el equipo y redes de comunicaciones, voz y datos.
- Garantizar la seguridad y la fiabilidad de los sistemas de información de la gestión.

Participar en la elaboración de las políticas, procedimientos y normativos referentes al uso de los recursos informáticos, para la explotación y aprovechamiento de los sistemas de información.

1.1.3. El sector de las telecomunicaciones e informática en Guatemala

Flores (2005), define el sector de las telecomunicaciones en Guatemala como: “aquel que integra los sistemas de comunicación a distancia por medio de cables u ondas electromagnéticas”. Así, con su estudio esta autora determina que en el país se incluyen los servicios de telefonía fija, telefonía móvil,

transmisión de televisión por medio de servicio satelital, transmisión de datos por medio de Internet y radio.

El sector de las telecomunicaciones en Guatemala tuvo su apertura y diversificación cuando la empresa estatal GUATEL, Telecomunicaciones de Guatemala, es privatizada en 1997, por medio de su venta a un grupo de inversores, quienes formaron la empresa Telecomunicaciones de Guatemala, TELGUA. Con su compra fue promulgada la Ley General de Telecomunicaciones, se dio la apertura del mercado, dando lugar a la entrada de varios competidores que provocaron un incremento en la cantidad de usuarios, aumentando el índice de penetración de servicios de comunicaciones que para ese año era uno de los más bajos de Latinoamérica. Entre los años de 1999 y 2004, el sector tuvo un crecimiento del 7 % y, para el 2015, se incrementó a un 11%.

1.1.3.1. El mercado de la telefonía

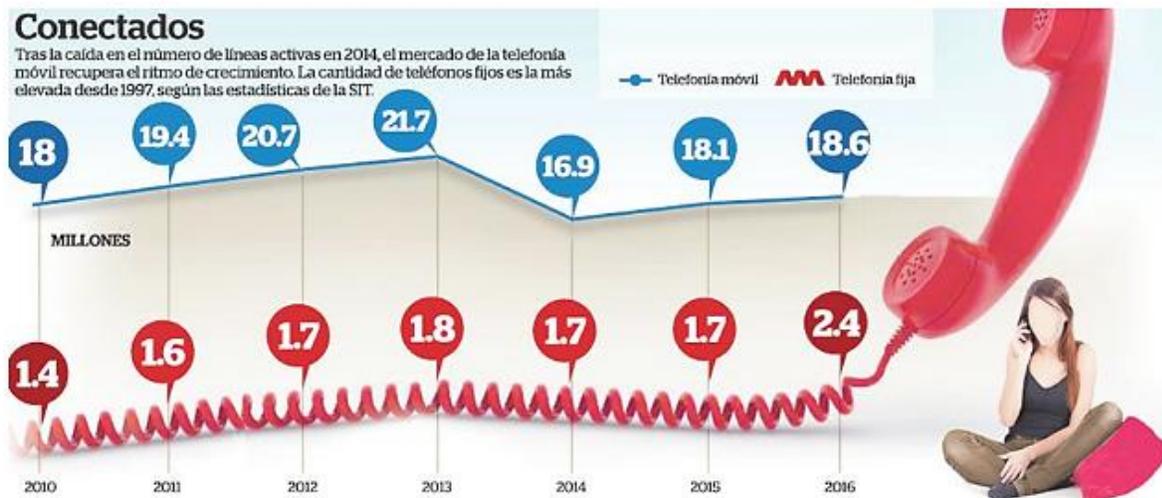
De acuerdo a los reportes de la Superintendencia de Telecomunicaciones, al cierre del primer semestre del 2016, la cantidad de líneas fijas y móviles superó los 21 millones. El mayor incremento lo presentaron las líneas fijas llegando a 2,4 millones. Se estima que dicho incremento se debe a la nueva tecnología de líneas fijas móviles, conocidas como E1, en las que se tiene capacidad para atender hasta cien líneas con un solo cable y que pueden ser utilizadas tanto a nivel residencial como comercial.

De acuerdo a dichos reportes, el mayor operador de líneas fijas es Telecomunicaciones de Guatemala, Claro, con 1,98 millones de usuarios, seguido por Comunicaciones Celulares, Tigo, con 200 mil, y Telefónica Móviles, Telefónica, con 129 mil, siendo estas tres las compañías más influyentes del

mercado. También se tienen otros nueve operadores más pequeños que, en conjunto, llegan a tener hasta un total de 99 mil líneas.

Por otro lado, en el mercado de la telefonía celular se alcanzó un total de 18 millones de líneas. Únicamente se tienen tres operadores cuya cobertura de mercado es la siguiente: Tigo es el mayor operador con 10 millones de líneas; luego se encuentra Claro con 5 millones y, por último, está Telefónica con apenas 3 millones en operación. De este total, un poco más de 17 millones de líneas corresponden a teléfonos del tipo prepago. El comportamiento general del mercado de la telefonía puede ser observado en el siguiente gráfico:

Figura 1. **Comportamiento del mercado de la telefonía en los últimos siete años**



Fuente: recuperado de “Auge en la telefonía fija: 2,4 millones de líneas en el primer semestre del 2016”, de De León, J. 03 de febrero, 2017. Recuperado de <http://elperiodico.com.gt/economia/2017/01/09/auge-en-la-telefonía-fija-2-4-millones-de-lineas-al-primer-semestre-de-2016/>.

1.1.3.2. El mercado de datos e internet

Desde la apertura del mercado de las telecomunicaciones con la venta de Telgua, y con el surgimiento de nuevas tecnologías, se ha dado un incremento en el uso de Internet y datos en el país. Para el año 2015, la Superintendencia de Telecomunicaciones estimaba más de 2 millones de usuarios para este servicio. El mercado de datos e Internet aborda tanto clientes corporativos como empresariales y residenciales, ofreciendo conexiones vía telefónica, cable módem, cable coaxial, antena inalámbrica, fibra óptica y satélite.

Debido a la relación calidad-precio, la tecnología más utilizada para el mercado empresarial y comercial corresponde a fibra óptica, ofreciendo conexiones de alta velocidad y muy estables. Por otro lado, para darle cobertura al mercado residencial, generalmente se utilizan conexiones vía cable módem, cable coaxial y vía telefónica por medio de la tecnología ADSL. Sin embargo, cuando la cobertura utilizando cableado no es posible o es demasiado costosa, se utilizan conexiones vía satélite.

Las conexiones vía satélite, aparte de ser inestables por depender de las condiciones climáticas, también son más caras. Sin embargo, es la única forma de tener cobertura en todo el territorio nacional. Los enlaces de fibra óptica únicamente cubren un 5 % del territorio. Existen un poco más de sesenta empresas que ofrecen el servicio de transmisión de datos e Internet, incluyendo almacenamiento de páginas web, portales de comercio electrónico intranets como valor agregado.

1.1.3.3. El mercado de la televisión y radio

Guatemala posee más de treinta canales de televisión, los cuales se espera empiecen a ser explotados con la incursión de la transmisión digital que permitirá servicios interactivos con los televidentes. Se tienen cuatro estaciones de televisión que operan en la frecuencia libre de VHF, las mismas son de carácter privado y poseen cobertura en todo el país. Estos son canales 3, 7, 11 y 13, pertenecientes al grupo Alba Visión. El canal de Guatevisión inició operaciones en el año 2003 y transmite vía satélite a todo el país. Adicional, se tiene en total 143 emisoras de radio, 52 trabajan en FM y 91 en AM.

1.1.3.4. Equipos utilizados en el mercado

De acuerdo a la SIT, el equipo utilizado en el país es importado. En su gran mayoría es proveniente de Estados Unidos, aunque la tendencia muestra que prontamente el mercado asiático tomará un papel principal en productos informáticos, de transmisión de televisión y reproducción de contenido multimedia. Por otro lado, las aplicaciones encargadas de manejar dichos equipos son realizadas en su mayoría dentro del territorio nacional por personal guatemalteco.

1.1.4. Empresa de estudio

La empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones donde se realizó el trabajo de investigación fue fundada en el año de 1996, con el objetivo de representar las marcas de equipos de cómputo y los programas o sistemas para los mismos.

Su misión se centra en brindar servicios de alta tecnología y sistemas informáticos de la más alta calidad, proponiendo soluciones integrales sobre todo con equipos de marcas reconocidas, garantía real y precios accesibles. Para el año 2016, ya se tiene cobertura para toda Guatemala, proveyendo soluciones informáticas de alto desempeño a personas individuales, PYMES y corporaciones.

1.1.4.1. Área de cobertura

Resumiendo, en la empresa estudiada se posee cobertura en las siguientes áreas:

- Internet, televisión y telefonía satelital
- Fibra óptica
- Videovigilancia
- Seguridad informática
- Cableado estructurado
- Data centers
- Redes inalámbricas
- Redes telefónicas
- Venta, mantenimiento y reparación de equipo de cómputo
- Programación
- Venta de software

1.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Centro de Difusión Tecnológica de Madrid (2006) define el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) como una tecnología que permite ofrecer con alto grado de precisión, y en todo momento, la ubicación en cualquier parte del

planeta del dispositivo que la integra. Además, permite conocer una estadística sobre el recorrido realizado y la velocidad del movimiento.

De acuerdo a esta fuente, el receptor GPS determina su posición geográfica 3D por medio de tres parámetros otorgados por los satélites emisores de la señal. Estos corresponden a la latitud, longitud y altitud. La latitud se refiere a la distancia existente entre un punto y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. La longitud es la distancia desde el meridiano 0 o de Greenwich, a cualquier lugar de la superficie terrestre. Por otro lado, la altitud se considera como la distancia vertical existente desde la superficie del mar hasta el punto que se desea ubicar. Para Ghio (2007) un sistema de GPS se encuentra determinado por las siguientes bases fundamentales:

- Globalidad: su señal posee cobertura a nivel mundial.
- Continuidad: el sistema se encuentra disponible las veinticuatro horas los trescientos sesenta y cinco días al año.
- Dinamismo: el sistema es capaz de mantener la señal inclusive si el receptor se encuentra en movimiento.
- Precisión: el sistema brinda mediciones consistentes.
- Exactitud: el margen de error del sistema en el cálculo de la posición es bajo.

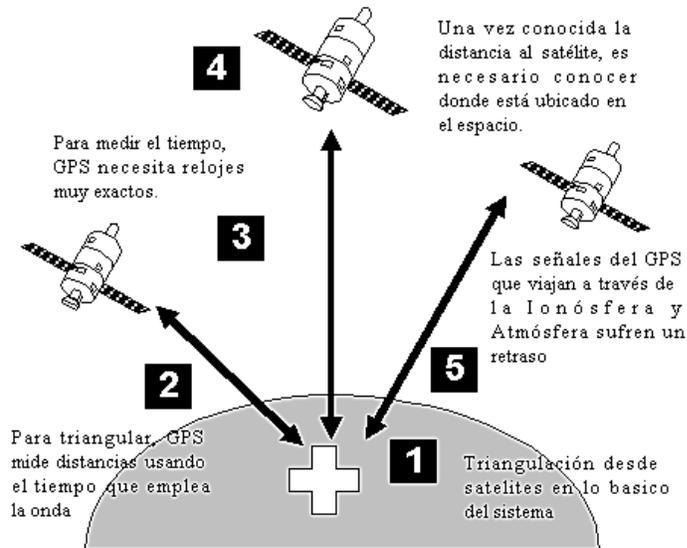
De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, un sistema GPS se encuentra conformado por tres partes principales denominadas segmentos: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario.

El segmento espacial consiste en el conjunto de veintiún satélites oficiales más tres auxiliares, ubicados a veinte mil kilómetros de altitud que cumplen dos órbitas a la Tierra en un día. Por otro lado, el segmento de control agrupa las estaciones de calibración encargadas de enviar constantemente señales para los datos de los satélites sean precisos y se mantengan siempre en órbita durante su tiempo de vida. Estas estaciones, que también se encargan de corregir el reloj interno de los satélites, se encuentran ubicadas lo más cerca posible al plano ecuatorial. Por último, el segmento usuario se encuentra conformado por todos los receptores utilizados para recibir los datos transmitidos por los satélites y calcular con ello la posición en la Tierra.

1.2.1. Funcionamiento del sistema GPS

Huerta, Mangiaterra y Noguera (2005) describen brevemente y fácil de comprender el funcionamiento del sistema GPS. Según estos autores, el receptor GPS calcula su posición por medio de una triangulación como la mostrada en la figura 2. Para realizar dicho cálculo de una manera precisa, es necesario contar con la señal de por lo menos tres de los veinticuatro satélites que conforman la constelación GPS. Debido a que cada uno de estos satélites completa una vuelta a la Tierra cada doce horas, siempre estará disponible la señal de seis satélites. Aunque tres es la cantidad mínima para poder realizar dicho cálculo, mientras más satélites se captan, más preciso será el cálculo de la ubicación.

Figura 2. **Triangulación y funcionamiento del sistema GPS**



Fuente: recuperado de "Posicionamiento satelital", de Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Chile. 23 de enero. 2017. Recuperado de <http://www2.udec.cl/~laecheve/gps.htm>.

Así, el receptor GPS calcula su distancia respecto a cada satélite partiendo de la relación física entre distancia, velocidad y tiempo (García, 2008). La velocidad es conocida y consiste en la velocidad de viaje de la onda recibida, es decir, la velocidad de la luz. El tiempo se calcula realizando la diferencia entre la hora en que el satélite emitió la señal, con la hora de recepción de dicha señal. A partir de velocidad y tiempo, se puede calcular la distancia.

Puch (2008), deduce así dos consideraciones importantes referentes al funcionamiento GPS: la primera consiste en que es fundamental que los relojes, tanto del satélite y como del receptor, se encuentren correctamente sincronizados y que sean lo más precisos posible para evitar errores de cálculo. La segunda consideración a tomar en cuenta es que una señal que llegue reflejada, debido a los obstáculos de los alrededores introducirá cierto error en el cálculo, siendo este un efecto casi imposible de evitar en la mayoría de ambientes. De este

modo, por lo general siempre se calculará una distancia mayor a la real. Los satélites GPS contienen relojes atómicos, siendo estos los más precisos, cuyo funcionamiento se basa en la frecuencia de una vibración atómica. Por su parte, los receptores poseen relojes de cuarzo.

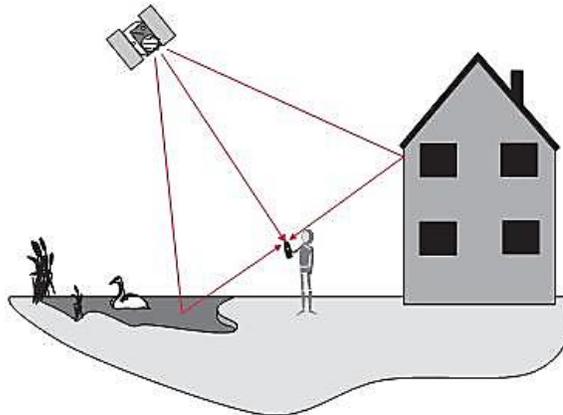
1.2.2. Fuentes de error del sistema GPS

Fraile (1997), establece que un sistema GPS puede presentar errores de unos cuantos metros hasta decenas de ellos, según condiciones que se pueden presentar durante la triangulación del dispositivo utilizado. Como parte de estos errores, se pueden mencionar los retrasos inosféricos y atmosféricos, errores en el reloj del satélite y del receptor, efecto multitrayectoria, dilución de la precisión y anti *spoofing*.

Para este autor, los retrasos inosféricos y atmosféricos se dan por la disminución de la velocidad de la señal cuando esta viaja por la ionósfera, dando un efecto parecido a la refracción de la luz. Dicha disminución de velocidad introduce un error en el cálculo de distancia, haciéndole creer al dispositivo que se encuentra más alejado del punto triangulado. Por otro lado, es posible que los relojes internos del satélite o receptor muestren una variación en su velocidad de avance, dando lugar a errores pequeños capaces de afectar la exactitud de la medición.

Este autor también establece que cuando el receptor se coloca cercanamente a una superficie reflectora de gran tamaño, puede presentarse un error de efecto multitrayectoria en el que la señal no es transmitida directamente a la antena, sino que primero choca con la superficie y posteriormente es reflejada a la antena.

Figura 3. **Efecto multitrayectoria en la medición GPS**

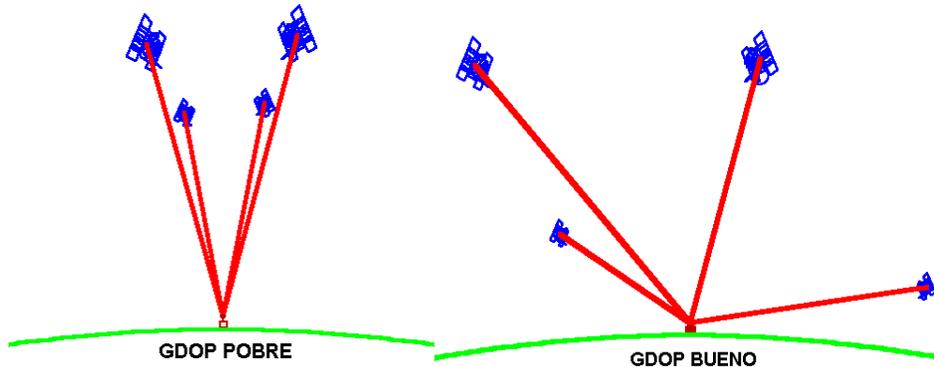


Fuente: Recuperado de "Cómo utilizar un GPS" de Fraile, L. 1997, p 45, España: Risko S.C.

La dilución de la precisión (DOP) se encuentra relacionada con la distribución de los satélites, su posición y la distancia entre ellos. En satélites que se encuentran bien distribuidos, lejos los unos de los otros, la fuente de error se reduce al mínimo. Por el contrario, cuando se encuentran muy cerca aumentan las probabilidades de tener un error en la medición.

Entre todos los errores presentados, el anti *spoofing* es introducido intencionalmente a la señal por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, como un medio de protección del código utilizado a nivel militar. Este, debido a la modulación de la señal utilizada, tiende a ser más preciso que la señal utilizada a nivel civil, dando un error máximo de tan solo cinco metros.

Figura 4. **Dilución de la precisión en la medición GPS**



Fuente: Recuperado de “Cómo utilizar un GPS” de Fraile, L. 1997, p 47, España: Risko S.C.

1.2.3. **Beneficios del sistema GPS para la empresa**

Existen cuatro pilares fundamentales que describen la forma en que la implementación de un GPS puede ayudar a mejorar el trabajo de la organización (Mellado, 2016). Estos son:

- **Visualización:** un sistema GPS da a conocer en todo momento cuál es la posición geográfica de la flota de vehículos. Con ello se asegura un cumplimiento de las rutas y horarios establecidos.
- **Protección:** con el sistema GPS se refuerza la seguridad de los vehículos, por lo que se reducen los riesgos de sufrir un robo. Además se controlan los excesos de velocidad y malos usos de los vehículos asignados.
- **Productividad:** tener un control GPS sobre las rutas y procesos laborales permite optimizar tiempos de trabajo y ahorrar combustible.

- Sostenibilidad: la implementación de un sistema GPS tiende a modificar el estilo de conducción de los empleados, disminuyendo la emisión de gases nocivos para el medio ambiente. Se cumple con la normativa medioambiental existente y se realiza un aporte a la sostenibilidad del planeta.

1.2.4. Plan acción para poner a funcionar el sistema GPS en la empresa

De acuerdo con Mellado (2016), para que la implementación de un GPS cumpla con su objetivo debe ser instalado tomando en consideración el siguiente plan de acción:

1. Definir los objetivos y comunicarlos con el equipo de trabajo: se debe tener una comunicación abierta donde se explique cuál es el objetivo del sistema y por qué es necesario el desarrollo de las funciones de la organización. Así se permitirá una mayor cooperación, tanto en su aceptación como en su uso.
2. Crear un sistema de incentivos: los incentivos fomentarán la motivación de los empleados por realizar su labor correctamente, independientemente de que se encuentren o no monitoreados en ruta.
3. Mantenerse informado: se debe crear y estar atento a alertas sobre todo acontecimiento que ocurra en ruta.
4. Monitorear la actividad constantemente: el encargado de los empleados monitoreados deberá comparar constantemente los resultados del

monitoreo con el desempeño de la medición anterior. Con ello se podrá conocer si el sistema implementado se encuentra cumpliendo o no con los objetivos esperados y si los trabajadores han mejorado su rendimiento.

5. Medir y comunicar mejoras: independientemente cuál sea el panorama hallado en el paso anterior, se deben comunicar los resultados a todos los miembros involucrados. Ellos deben conocer si su esfuerzo se encuentra cumpliendo con los resultados esperados.

1.2.5. El sistema GPS y la productividad

Diversos estudios han llegado a la conclusión que la utilización del sistema GPS mejora los procesos de entrega, las salidas, la seguridad del vehículo, los itinerarios y los tiempos de viaje. De esta manera, se puede lograr un nivel de cumplimiento mayor hacia los clientes y proveedores. Para Calva (2008), el uso de GPS permite optimizar los recursos de la empresa de la siguiente manera:

- Se reducen los costos de mantenimiento y reparación.
- Se reducen los gastos asociados al consumo de combustible.
- Se eliminan los usos no autorizados de los vehículos.
- Se reducen las paradas no autorizadas.

El propósito de implementar un sistema GPS, en el departamento de transporte y ruteo es utilizarlo como una herramienta de trabajo diario, enfocada en alcanzar los resultados de mejora de la productividad previamente definidos en la planeación. La definición y gestión de las actividades de monitoreo y medición de la productividad deben realizarse periódicamente, de acuerdo con un cronograma de actividades ya establecido, que permita recabar la información histórica suficiente como una línea base que permita identificar hacia dónde se

encuentran encaminadas las actividades de la organización. De esta manera, se determina si los servicios entregados cumplen con los requisitos impuestos por los niveles de servicio deseados (Soyosa, 2010).

Con el monitoreo GPS se puede presentar toda la secuencia lógica de los pasos seguidos en ruta para entregar el producto o servicio al cliente final. Dado que el tiempo es una de las restricciones más importantes de dicha entrega, el control se convierte en la herramienta principal que el supervisor utilizará para realizar el análisis y los ajustes que sean necesarios en la ejecución de las rutas (España, 2011). Nuevamente, el análisis de la información se convierte en la base para optimizar el uso de los recursos y cumplir con las metas dentro del plazo previsto.

1.2.6. El sistema GPS y el monitoreo vehicular

Para Pozo-Ruz (2000), el sistema de monitoreo vehicular es aquel que permite administrar y mantener ubicada en tiempo real la posición de un vehículo. La información proviene de un dispositivo inalámbrico que puede ser un GPS o un transceptor de RF. Por lo general, el primero suele ser el más costoso de los dos.

Dicho autor afirma que la necesidad de la aplicación de monitoreo vehicular en una empresa radica en determinar la ubicación exacta del vehículo, para luego enviarla inalámbricamente a una instalación de control centralizado. Este tipo de sistema de monitoreo se encuentra conformado por un receptor GPS, sensores auxiliares y un procesador encargado de controlar los componentes y calcular de una manera optimizada la solución de la posición.

Para Mendes (2010), las nuevas tecnologías de movilidad, como el sistema GPS, dan lugar a crear un sistema de gestión empresarial independiente a la ubicación del personal desplazado, quienes pueden estar conectados a la empresa en tiempo real brindando información sobre lo que sucede durante su trayecto. El vehículo puede convertirse en un centro de procesamiento de información y de comunicación donde es posible gestionar el intercambio de datos y alarmas con el centro de control. Agregando sensores adicionales al dispositivo de geolocalización, es posible controlar otros parámetros de los vehículos añadiendo valor para el monitoreo vehicular en tiempo real.

Mendes (2010), establece que dichos parámetros dependen de lo que la empresa desee controlar y conocer sobre la flota monitoreada. Específicamente, considera que entre los más utilizados pueden distinguirse los siguientes:

- Indicadores del vehículo: se pueden utilizar para conocer el estado de funcionamiento del mismo. Conectándolo a su sistema central es posible obtener la potencia del motor, sus revoluciones por minuto, su temperatura, nivel de gasolina y velocidad general del recorrido. Es posible crear alarmas de control si alguno de los parámetros se sale de algún rango estipulado.
- Control de temperatura del transporte en frío: permite mantener la temperatura del cuarto frío desde la carga hasta la descarga del producto. El sistema facilita la programación de umbrales máximos y mínimos de temperatura, así como la apertura de puertas únicamente cuando sea necesario. Como parte de la trazabilidad hacia el cliente final, este también puede monitorear la temperatura a la que ha permanecido el producto a lo largo de todo el recorrido.

- Sistema de seguridad: un sistema de localización tiene como función principal la seguridad del vehículo, solucionando amenazas de robos, salidas de ruta y viajes no autorizados.
- Control del diseño de rutas: el sistema GPS da a conocer si los puntos de visita de un vehículo corresponden a los previstos de su ruta, y si se encuentra cumpliendo con los horarios previstos, generando alarmas en caso se incumplan.
- Comunicación con el conductor: como alternativa a la comunicación por vía telefónica, es posible agregar un módulo de mensajería con el que se puedan gestionar mensajes cortos con el conductor sobre información concerniente a su ruta. Es posible programar el aviso de entregas, retraso o averías.

1.3. Indicadores de desempeño

Para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2009), un indicador de desempeño es una herramienta que cubre aspectos cuantitativos o cualitativos referentes al logro o resultados en la entrega de bienes o servicios generados por la institución, expresándolos por medio de información cuantitativa. Para su obtención, se deben comprender los objetivos que se desean alcanzar, la cadena de producción y el resultado esperado de cada uno de los procesos involucrados.

Schuschny (2007), establece que un indicador de desempeño tiene dos funciones, una descriptiva y una valorativa. La función descriptiva hace referencia al aporte cuantitativo/cualitativo global que realiza el resultado a la información. Por el contrario, la función valorativa brinda un juicio numérico del indicador

tomando una referencia. Para mayor aclaración de este concepto, brinda los siguientes ejemplos:

- Indicador como función descriptiva: cantidad de empleados capacitados.
- Indicador como función valorativa: Cantidad de empleados beneficiados / Cantidad total de empleados.

De acuerdo a Sánchez (2013), una organización debe contar con la cantidad mínima de indicadores que le permita identificar sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, en áreas relativas a aspectos clave del negocio como los son la efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad y ejecución presupuestaria. Para ello, todo indicador debe ser comparado con algún nivel de referencia que permita la detección de desviaciones positivas o negativas en el desempeño de las actividades.

1.3.1. Enfoque de los indicadores

Schuschny (2007), define que de acuerdo a las relaciones entre variables que se establecen y el resultado que se desea medir, los indicadores pueden ser enfocados desde cuatro categorías: de economía, de eficiencia, de eficacia y de efectividad.

- Indicadores de economía

Evalúan la manera en que los recursos financieros son aprovechados para alcanzar los objetivos. En esta categoría se pueden mencionar los siguientes:

- Aumento de costos en los procesos.
- Ahorros realizados en los procesos.
- Porcentaje de recuperación de los costos.
- Ingresos por ventas / gasto total.

- Indicadores de eficiencia

Relacionan los costos para obtener un producto o servicio con el producto o servicio final. Tienen la finalidad de utilizar racionalmente los recursos con los que cuenta la organización. La fórmula de estos indicadores se obtiene dividiendo el resultado alcanzado entre los recursos utilizados, buscando obtener el máximo utilizando la menor cantidad de insumos. Generalmente se conocen como productividad. Dentro de este tipo de indicadores se pueden mencionar:

- Cantidad de unidades inspeccionadas / cantidad de operarios.
- Costo total del producto / total de clientes.

- Indicadores de eficacia

Permiten medir el nivel de cumplimiento de los objetivos organizacionales plasmados en la planeación. Generalmente involucran cuatro áreas: cobertura, focalización y resultado final. Cobertura hace referencia al grado de la capacidad para cubrir la demanda, mientras que focalización se refiere a la manera como el producto o servicio se encuentra llegando al mercado objetivo. Se pueden mencionar:

- Porcentaje de resoluciones / quejas realizadas.
- Porcentaje de empleados seleccionados que no cumplen el programa de capacitación.

- Indicadores de efectividad

Permiten evaluar la utilidad de los resultados para todas las partes involucradas, logrando su satisfacción, evaluando la forma en la que se realizan las actividades y se optimizan los recursos. Debido a que buscan responder rápida y correctamente a las necesidades del consumidor, también son conocidos como indicadores de calidad. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

- Porcentaje de respuesta del plazo acordado.
- Cantidad de usuarios satisfechos / total de usuarios.
- Porcentaje de contratos terminados por inconsistencias en el servicio.
- Cantidad de localidades abiertas con atención.

1.3.2. Elementos de los indicadores de desempeño

Según Mora (2005), la elaboración de los indicadores de desempeño debe cumplir con los siguientes elementos:

- Nivel de referencia: la medición de todo indicador se realiza con base en una comparación con un nivel de referencia que permita tomar medidas, para mantener y/o contrarrestar el resultado obtenido.
- Responsabilidad: la elaboración de un indicador debe especificar quién es la persona adecuada que debe tomar las medidas, para contrarrestar el resultado obtenido.

- Puntos de lectura e instrumentos: así como se define quién debe tomar medidas para mejorar el resultado obtenido; también se debe especificar la persona encargada de medir y evaluar los indicadores utilizando los instrumentos y herramientas adecuadas.
- Periodicidad: la medición del indicador debe realizarse con cierta frecuencia, de preferencia diaria, semanal o mensualmente, según los requisitos de la organización.
- Sistema de información: la información obtenida por el indicador debe presentarse de forma adecuada y ser accesible para facilitar la toma de decisiones, lo cual corresponde a uno de los objetivos de formular indicadores de desempeño.
- Consideraciones de gestión: la información obtenida con los indicadores se debe organizar históricamente, para permitir la mejora continua en los procesos de la organización.

1.3.3. Funciones de los indicadores de desempeño

Mora (2005), también menciona, como parte de las funciones principales de los indicadores de desempeño, las siguientes:

- Facilitar los procesos de la toma de decisiones.
- Monitorear la evolución de las variables de los procesos que conforman la organización.
- Racionalizar el uso de la información en la organización.
- Sirven de base para la implementación de normas y patrones de trabajo útiles para la mejora de los procesos.

- Sirve de guía para estructurar la planificación.
- Facilita la creación de programas de incentivos y remuneraciones.
- Permiten comprender la situación actual de la organización y prevén lo que a futuro podría suceder.
- Incentiva la participación de todos los miembros de la organización para alcanzar los objetivos propuestos.

1.3.4. Criterios técnicos de evaluación de los indicadores de desempeño

De acuerdo con Heillriegel (1998), la validez de la funcionalidad de un indicador de desempeño dentro de una empresa se evalúa tomando ciertos criterios técnicos, los cuales deben cumplirse en su totalidad, para garantizar que la información obtenida sea de utilidad para la toma de decisiones. Dichos criterios son los siguientes:

- Exactitud: se presenta la información tal y como es.
- Forma: la información obtenida puede ser cuantitativa, cualitativa, numérica, gráfica, resumida o detallada, según la situación y las necesidades que se desean cubrir.
- Relevancia: debe medir algo concreto.
- Integración: debe abordar una o más dimensiones.
- Homogeneidad: sus medidas y unidades deben ser claras y congruentes entre sí.
- Pertinencia: la medición debe realizarse sobre el ámbito correcto.
- Confiabilidad: los datos utilizados deben ser suficientes y demostrables.
- Independencia: se debe medir aquello que es controlable.
- Oportunidad: la información debe estar disponible y actualizada cuando sea necesario utilizarla.

1.3.5. Metodología para la construcción de indicadores de desempeño

Existen nueve pasos a seguir para la construcción de indicadores de desempeño (Christopher & Thor, 1993). Estos se describen a continuación:

1. Establecer las definiciones estratégicas como referente para la medición

Las definiciones estratégicas que deben ser establecidas abarcan la misión, visión, objetivos y productos finales ofrecidos al consumidor. Para su correcta comprensión, todos los miembros de la organización deben conocerlos e identificarse con ellos, para realizar sus tareas adecuadamente. Si se sabe hacia dónde se quiere llegar, es más fácil interpretar los resultados obtenidos de la medición y tomar las medidas adecuadas para mantenerlos o mejorarlos.

2. Establecer las áreas de desempeño relevantes a medir

La correcta definición estratégica permite identificar los factores más relevantes que deben ser medidos constantemente, para evaluar los resultados logrados. La identificación de dichos factores se logra respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los aspectos clave que deben ser medidos? ¿Qué ámbitos deben ser medidos? ¿Qué dimensiones deben ser medidas? ¿Quién utilizará la información recopilada? ¿Qué decisiones se tomarán con base en dicha información?

El desempeño puede ser analizado tomando en cuenta las dimensiones de eficacia, eficiencia, economía y calidad.

3. Formular el indicador y describir la fórmula de cálculo

Al tener claro los aspectos más relevantes que deben ser medidos y en qué dimensión, se procede a construir cada uno de los indicadores. El nombre del indicador debe representar claramente lo que se desea medir. Su fórmula puede consistir en porcentajes, promedios, tasas de variación, entre otros, siendo lo importante que debe informar sobre los aspectos que se están midiendo.

4. Validar los indicadores aplicando los diversos criterios técnicos

Una vez creados los indicadores deben ser evaluados para establecer si su aplicación y los resultados obtenidos realmente cumplirán con lo que se desea medir y el objetivo que existe de fondo.

5. Recopilar los datos

Una vez establecidas las fórmulas y su validación respectiva, se debe verificar si existen suficientes fuentes de información que brinden la cantidad de datos adecuada para evaluar cada indicador.

6. Establecer las metas o el valor deseado del indicador y la periodicidad de la medición

Con base en la información histórica que se posee, según los objetivos propuestos, se debe establecer el resultado óptimo de cada indicador, según el área de desempeño en que se desea enfocar. Según la cantidad de datos recopilados hasta el momento, se puede determinar la periodicidad con la que se recopilará dicha información. La creación de una línea base puede servir para tal efecto.

7. Señalar la fuente de los datos o medios de verificación

Se establecerá cuáles serán los documentos oficiales de donde se obtendrá la información para la evaluación de los indicadores.

8. Evaluar: establecer referentes comparativos y establecer juicios

Se debe establecer un récord histórico sobre los resultados de cada indicador para establecer un referente comparativo en cada período de medición, para evaluar así cómo se encuentra operando la organización. Se deben identificar las áreas en las que deben implementarse mejoras, con el fin de elevar el desempeño.

9. Comunicar e informar el desempeño logrado

Todos los miembros involucrados deben conocer cómo están trabajando y en qué grado sus acciones permiten cumplir con los objetivos de la organización. Esto les permitirá modificar los hábitos no productivos que disminuyan el desempeño.

1.4. Productividad

La productividad es definida de manera simple como: “la relación de lo que produce una organización y los recursos requeridos para tal producción” (Belcher, 1991, p. 25). En este sentido, este concepto no debe confundirse con el de producción, que a partir de la definición anterior se entiende como la cantidad fabricada, en otras palabras, los resultados logrados.

La productividad básicamente se calcula con la siguiente ecuación:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos} = \frac{Resultados\ logrados}{Recursos\ Empleados}$$

De la ecuación anterior dicho autor deduce que una empresa será más productiva cuando sucede uno de los siguientes tres escenarios:

- Se aumenta el volumen de producción y se mantiene constante la cantidad de recursos empleados.
- Se aumenta la producción reduciendo los recursos utilizados.
- Se mantiene el mismo nivel de producción, reduciendo los recursos empleados para tal fin.

Para Siliceo (1995), hablar de productividad lleva asociado otros dos términos muy importantes que es necesario aclarar para evitar confusiones. Estos corresponden a la eficacia y eficiencia en la operación. La eficacia consiste simplemente en el logro de las metas establecidas por la empresa, sin importar la manera. Por el contrario, la eficiencia se refiere al logro de las metas utilizando la menor cantidad de tiempo. Es decir, existe un ahorro y/o reducción de recursos temporales al mínimo.

Prokopenko (1989), propone que para lograr una adecuada productividad dentro de la empresa, el punto de partida corresponde a una buena gestión. La misma debe ser capaz de detectar los elementos que no funcionan correctamente, que no son productivos, para lograr los objetivos propuestos. Abordarlos y contrarrestarlos es fundamental para mejorar e incrementar la

productividad. Así también se favorecerá la sostenibilidad y competitividad, garantizando la viabilidad de la empresa, a través del tiempo.

1.4.1. Factores que impactan la productividad

Smith (1995), establece que existen diversos factores de influencia sobre la productividad. Estos, según en dónde se originen y el grado de control que la empresa posee sobre ellos, pueden ser clasificados como factores externos y factores internos.

1.4.1.1. Factores externos

Estos se encuentran fuera del control de la empresa, por lo que no se originan dentro de ella. Como factores externos se pueden mencionar la competencia, la demanda potencial y las normativas y legislaciones gubernamentales.

1.4.1.2. Factores internos

Estos se originan dentro de la empresa, por lo que la misma sí posee influencia directa para contrarrestarlos. Dentro de esta clasificación se pueden mencionar la calidad del producto o servicio, el proceso de fabricación, la organización de los procesos productivos, metodologías utilizadas, materiales involucrados, procesos administrativos, procesos fiscales y la gestión de los recursos humanos.

Se sabe que el activo más importante que posee una empresa son sus propios colaboradores. Diversos estudios han demostrado que existe una relación directa entre la motivación y satisfacción de los empleados con una

mayor productividad en el desarrollo de sus labores. En este sentido, según Álvarez (2012), la productividad se ve afectada por la forma en la que se asignan funciones, el clima laboral, la política de remuneraciones, incentivos y promociones, un ambiente que promueva la salud y seguridad previniendo riesgos, y la estima que se le da a los trabajadores por ser elementos valiosos para el cumplimiento de los objetivos.

En cuanto a los recursos materiales, Toro (2008), establece que los mismos desempeñan un papel muy importante al desarrollar una estrategia de mejora de la productividad. Para conseguir resultados óptimos es necesario un buen mantenimiento del equipo. Con ello se asegura un funcionamiento continuo en perfectas condiciones, evitando paradas innecesarias que causen atrasos en la producción.

Además, se debe tomar las medidas correctivas necesarias para evitar cuellos de botella que causen un descenso en la producción. La maquinaria obsoleta debe ser sustituida para mejorar la automatización de los procesos. La manipulación de los recursos materiales se mejora por medio de un programa adecuado de capacitación.

Para garantizar una correcta productividad en el rendimiento del material empleado, este se debe sustituir cuando pierde utilidad. Es necesario elegir las materias primas adecuadas e implementar sistemas de ahorro y reciclaje para optimizar el uso de la energía. Según Toro (2008), el perfeccionamiento de los métodos de trabajo empleados constituye el medio más efectivo para mejorar la productividad en la organización. El proceso de mejora continua permite introducir pequeños cambios progresivamente para contrarrestar errores y detectar puntos de mejora de forma constante, de una manera fácil de asimilar para los empleados. Su inclusión en los procesos de mejora es el factor clave

que garantiza el cumplimiento de su función. Las labores se dividen por áreas de especialización, de manera que se favorezca la coordinación entre los diversos departamentos que conforman la empresa.

1.4.2. Indicadores de la productividad en la empresa

Bravo (2014), clasifica los indicadores de la productividad que se pueden generar dentro de la empresa en dos tipos:

- Productividad total de los factores: mide la relación entre el volumen producido y todos los factores productivos involucrados.
- Indicadores parciales de productividad: al ser relacionados con la producción total, únicamente consideran uno de los factores involucrados. Se considera que los más importantes corresponden a la productividad del trabajo y el de la productividad del capital.

Del significado más simple, la productividad se entiende como la relación entre las salidas y las entradas de un sistema de producción. De acuerdo a la Cámara de Comercio de Medellín (2010), según la forma en la que se mida la dicha salida, los indicadores de la productividad empresarial pueden ser clasificados en productividad física y productividad del valor agregado. En los indicadores de productividad física las salidas corresponden a la cantidad de productos, bienes o servicios ofrecidos, mientras que las entradas hacen referencia a la cantidad de recursos utilizados.

Blanco (1999), define el valor agregado como la riqueza que genera la organización, como consecuencia de la transformación de los recursos utilizados para crear productos finales. En otras palabras, el valor agregado corresponde a

la utilidad generada. Para la productividad del valor agregado, las salidas corresponden a dicha utilidad y las entradas a los recursos utilizados para alcanzarla. Por lo general, estos últimos corresponden al recurso de trabajo (cantidad de empleados utilizados) y recurso de capital (activos operacionales: fijos y corrientes).

La productividad física es utilizada cuando se desea una medida puntual asociada a un recurso y que indique eficiencia. Por otro lado, la productividad del valor agregado debe utilizarse cuando se busca una medida global referente a toda la empresa asociada con la competitividad y efectividad.

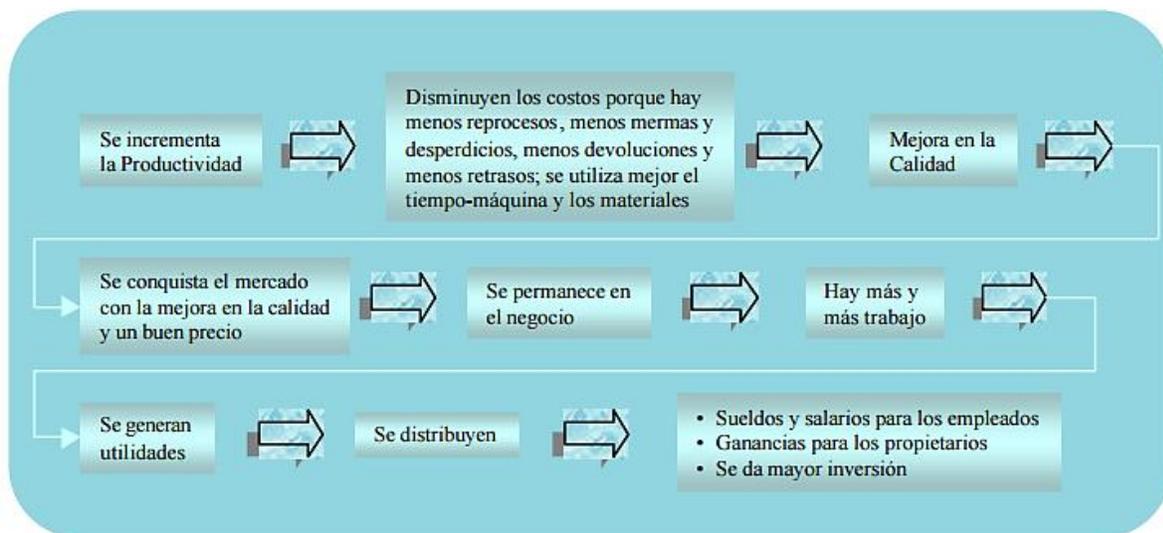
1.4.3. Importancia de la medición e incremento de la productividad en la empresa

El incremento de la productividad permite a la empresa mantener un alto nivel de competitividad en el mercado. Según Belcher (1991), los beneficios adquiridos de dicho incremento se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. El aumento de la productividad con respecto a la disminución de los recursos utilizados conlleva generar mayores ganancias.
2. Una mayor productividad permite reducir los desperdicios y trabajos adicionales causados por la repetición de las actividades.
3. Mantener una alta productividad tiende a reducir los reclamos por parte de los clientes.
4. Debido a que los costos se reducen con el aumento de la productividad, el producto puede ofrecerse a precios más bajos que le generen al cliente cierta preferencia hacia la empresa.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática del Gobierno de México (2003), propone el siguiente esquema que resume los beneficios de incrementar la productividad como una reacción en cadena dentro de la organización.

Figura 5. **Beneficios de incrementar la productividad en la organización**



Fuente: recuperado de “*El ABC de los indicadores de productividad*”, de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2003, p. 88, México: Gobierno de México.

Por otro lado, la empresa pueda determinar correctamente el nivel de productividad al que puede operar, Céspedes (2016) estipula que se deben realizar mediciones constantes que den a conocer y que califiquen, tanto cualitativa como cuantitativamente la forma actual de operación. Entre las ventajas que posee la medición de la productividad se pueden mencionar las siguientes:

1. Se evalúa constantemente la eficiencia en la conversión de los recursos utilizados, de manera que se genera un equilibrio entre lo producido y lo utilizado para tal fin.
2. La medición de la productividad contribuye al fortalecimiento de la planeación de la empresa.
3. La medición constante de la productividad permite modificar de forma realista las metas que se desea alcanzar.
4. La planeación de los recursos puede verse simplificada.
5. La medición constante conlleva elaborar estrategias para aumentar la productividad, basadas en resultados anteriores.
6. Con la medición de la productividad se revelan áreas problemáticas que requieren atención inmediata.
7. La medición constante de la productividad crea una retroalimentación para la empresa que da lugar a la implementación de un proceso de mejora continua.

1.4.4. Productividad en ruta

La gestión del transporte, por lo general es el proceso que más recursos consume y más esfuerzos requiere, debido a que conlleva una gran inversión en activos, además que su funcionamiento determina la respuesta del cliente final hacia el producto ofrecido. De acuerdo con Hansen (1990), la productividad en ruta consiste en la capacidad de utilizar eficientemente los recursos asignados

para la cobertura de rutas: cantidad de empleados, cantidad de vehículos, tiempo efectivo empleado, paradas programadas y no programadas realizadas, entre otros. Cubrir una ruta eficientemente permite llegar al mercado optimizando los costos y mejorando la utilidad.

1.5. Competitividad

De acuerdo con la definición dada por Ávalos (2009), la competitividad puede ser descrita como la capacidad que tiene una empresa para adquirir y mantener unas ventajas comparativas frente a sus potenciales competidores, para alcanzar un mejor posicionamiento en el mercado. En otras palabras, la capacidad para operar y crecer rentablemente. Este autor establece que una competitividad alta es capaz de crear valor para los propietarios de la empresa. Para lograrlo es necesario crear una estrategia capaz de recuperar, en un retorno superior, la cantidad invertida.

1.5.1. Ventajas competitivas

Para Luna (2015), la ventaja competitiva puede ser una habilidad, un recurso, conocimiento o atributos que no poseen los competidores, que existirá cuando se posea una estrategia exitosa que no puede ser imitada por la competencia por un período de tiempo variable. El entorno competitivo conlleva que empresas del mismo rubro adquieran las habilidades necesarias para igualar o superar el valor adicional creado. Mintzberg (1997), establece que, desde el punto de vista hacia donde se busca la optimización de la empresa, la competitividad puede ser catalogada como interna y externa. La competitividad interna se refiere a la mejora de la empresa desde sus estructuras internas para lograr una mayor eficiencia de los clientes internos que la conforman. Por otro

lado, la competitividad externa se refiere a la búsqueda de oportunidades externas para lograr ventajas sobre otras empresas inmersas en el mercado.

Porter (2007), menciona que la competitividad puede estar enfocada en la producción con bajo coste con una elevada calidad. Asimismo, con un diseño capaz de establecer un vínculo inmediato con el mercado. La rapidez de respuesta a las necesidades que surgen es la mayor ventaja diferencial que puede ser explotada por la organización.

Porter (2007), también establece una estrecha relación entre la ventaja competitiva y el valor que se le puede adicionar a un producto o servicio. Según él, la ventaja competitiva crece proporcionalmente con el valor que la empresa es capaz de generar, entendiéndose por valor todo aquello por lo que los compradores están dispuestos a pagar y que compensa beneficios de otros precios más bajos o elevados. Sin embargo, para que la empresa sea rentable y a su vez competitiva, el valor generado debe ser superior a los costos asociados a su creación.

1.5.2. Estrategias para incrementar la competitividad

Toda empresa que desee volverse competitiva en su entorno, debe centrarse en potencializar los productos y servicios ofrecidos. Para ello, Ardán (2004), considera importante crear diferencias sustanciales que le permitan anticiparse a los retos que surgen por la innovación de los competidores. Las estrategias competitivas deben estar centradas en las mejoras del producto o servicio ofrecido y en el mercado al que este se encuentra orientado.

De acuerdo con la Cámara de Comercio de España (CCE, 2014), que una empresa logre generar valor, su estrategia a seguir debe enfocarse en generar

una ventaja competitiva en el tiempo. Estos son los dos tipos de ventajas competitivas que se pueden notar en el mercado: liderazgo en costos y diferenciación del producto. La primera consiste en la capacidad de elaborar un producto o servicio a un precio inferior al de los competidores, mientras que la segunda busca ofrecer un producto más atractivo que los ya existentes. Para Uribe (2012), la competencia empresarial se puede lograr abordando los siguientes aspectos dentro de la organización:

- Innovación: permite crear nuevos recursos generadores de valor, o bien, dota a los existentes de mayores capacidades para crearlo, posicionando de una mejor forma a la empresa dentro del mercado.
- Nuevas tecnologías: Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) es la herramienta a la cual toda empresa debe recurrir para mejorar su competitividad e incursionar en nuevos mercados por medio de la optimización de sus procesos de gestión.
- Administración financiera: es necesario que toda empresa elabore reportes mensuales, cuente con un balance general y estado de resultados, posea candados para evitar desvíos, y que su operación garantice un flujo de efectivo constante.
- Servicio al cliente: el servicio al cliente en la organización debe enfocarse en cuidar, sorprender y adelantarse a los requerimientos de los consumidores. Por esta razón, un centro de atención al cliente no debe fungir como una recepción de quejas, sino, por el contrario, como una gestión de las necesidades y una oportunidad para identificar puntos que permitan generar más valor, a través del servicio o producto ofrecido, ya

sea por medio de procesos o productos innovadores. El servicio al cliente debe ser visualizado como una fuente generadora de ventajas competitivas.

- Recursos humanos: una condición que permite incrementar la competitividad de la organización es la capacidad de identificar, reclutar, desarrollar y retener a los empleados cuyo potencial contribuye al buen desempeño de las labores. El personal debe ser visto y tratado como capital humano capaz de generar productos y servicios con un valor diferencial.
- Logística: por lo general, la logística suele verse afectada por la ausencia de tecnología y la capacidad de innovar para tener la información en tiempo real y no perder, así el contacto con la cadena de suministro. El control de la logística como parte de la competitividad permite monitorear la satisfacción del cliente.

1.5.3. La gestión tecnológica y la competitividad

De acuerdo con Nuchera (1999), innovar en tecnología es uno de los factores más importantes que toda empresa debe tomar en consideración para incrementar su participación en el mercado. Con la tecnología no solo es posible lanzar mejores productos en el mercado, que satisfagan las necesidades del consumidor de una manera más ágil y flexible, también es posible coordinar y explotar las capacidades de la organización, a nivel técnico, comercial, administrativo y financiero, siendo más eficientes en los procesos.

La adquisición de la tecnología para elevar la competitividad de la empresa se encuentra estrechamente relacionada con una adecuada capacitación del personal. De esta manera, no solo se luchará contra la oposición al cambio, sino que también se instruirá sobre la manera adecuada de introducirla en las labores

cotidianas de los trabajadores. Nuchera hace énfasis en que existe una necesidad latente por realizar una buena gestión de la tecnología, ya que de lo contrario es posible caer en uno de los dos problemas, por los que la empresa puede verse comúnmente afectada. El primero se debe a inversiones cada vez más altas a las que muchas veces el clima organizacional no se encuentra acostumbrado, causando un desfase entre el avance tecnológico y las capacidades reales de la empresa. El segundo problema hace referencia a llegar a caer en una total dependencia de la tecnología, lo que evita desarrollar todas las capacidades del personal involucrado, además de que un fallo en la misma puede conllevar a un paro de las labores que se llegue a traducir en pérdidas económicas.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La segunda fase correspondió al desarrollo de la investigación, en donde se aplicaron diversos instrumentos para recopilar la mayor cantidad de información posible relacionada a los procesos de control en ruta utilizados y los resultados obtenidos previo a implementar la solución. Esto con la finalidad de detectar los puntos de mejora que debían ser abordados en las fases siguientes.

2.1. Información general de la empresa

La empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones en la que se realizó el trabajo de investigación, fue fundada en el año de 1996, con el propósito de proveer servicios de alta tecnología y sistemas informáticos de la más alta calidad. Para el año 2016, ya tenía cobertura para toda Guatemala con planes de expansión a toda Centroamérica, proveyendo soluciones informáticas de alto desempeño a personas individuales, PYMES y corporaciones.

Con dicha cobertura se abarcan las siguientes áreas: televisión y telefonía satelital, fibra óptica, video vigilancia, seguridad informática, cableado estructurado, data centers, redes alámbricas e inalámbricas, domótica, venta, reparación y mantenimiento de equipo de cómputo, programación, desarrollos web, auditorías técnicas, asesoría, venta de software, capacitaciones técnicas y montajes eléctricos industriales de media y baja tensión.

2.1.1. Misión de la empresa

“Servir a nuestros clientes con capacidad, honestidad y eficiencia, brindándole soluciones informáticas precisas en el menor tiempo y con la menor inversión, garantizando la satisfacción”.

2.1.2. Visión de la empresa

“Ser reconocidos en Guatemala y C.A. por todos nuestros clientes como la mejor opción de empresa en soporte y soluciones de tecnología de alto desempeño para el hogar, negocio y empresas”.

2.1.3. Valores institucionales

Los valores bajo los que se rige la cultura organizacional de la empresa y que son reflejados en el servicio brindado al cliente, corresponden a los siguientes:

- Honradez: contratando personal honesto y responsable, capaz de realizar las tareas asignadas correctamente.
- Servicio: cumpliendo con las solicitudes del cliente, satisfaciendo sus necesidades y expectativas, sin descuidar la calidad.
- Rapidez: atendiendo al cliente en el momento justo que lo desea y dándole seguimiento en sus casos.
- Eficiencia: utilizando los recursos con los que se cuentan adecuadamente tanto propios, como los que el cliente paga al contratar el servicio, evitando cualquier tipo de desperdicio innecesario.
- Dedicación: haciendo el trabajo adecuadamente, sin descuidar el más mínimo detalle.

- Pasión: disfrutando el trabajo efectuado, reflejándolo en el resultado del servicio dado a los clientes y en la eficacia de la empresa.

2.2. Diagnóstico situacional de la empresa

Para describir y analizar la situación existente previo al desarrollo del estudio, se elaboró un diagnóstico capaz de determinar las fortalezas y debilidades del monitoreo de las actividades de los técnicos en ruta. Se recurrió tanto a la observación directa como a la entrevista estructurada (ver anexo 1) para recabar información.

2.2.1. Aplicación de la observación directa

La aplicación de la observación directa fue facilitada por medio de un acuerdo de confidencialidad firmado por el investigador en el que existe un compromiso para divulgar información previamente autorizada exclusivamente para ser presentada en este informe. Se tuvo acceso al diagrama jerárquico del departamento técnico, con el fin de corroborar las características de la muestra definida en el planteamiento de la metodología de la investigación. Del mismo modo, se recabaron datos estadísticos preliminares dados por tendencias relacionadas con las actividades de los técnicos en ruta. Asimismo, se recopiló información sobre la metodología seguida para medir la productividad de cada técnico tras finalizar su jornada laboral.

Se determinó que la división correspondiente a los técnicos rutereros pertenece a la jefatura técnica, en donde se cuenta con cuatro supervisores encargados de asignar las rutas y recursos para su cobertura; así como del control de la productividad del grupo de técnicos bajo su cargo. De los supervisores, uno se encuentra asignado a la región metropolitana con

veinticinco ruteros asignados. De acuerdo a la delimitación del estudio, la misma corresponde a la región a analizar.

En cuanto a los recursos de movilización utilizados, los técnicos deben utilizar sus propios vehículos, ya sea automóvil o motocicleta. Según cláusulas de contratación, la empresa debe pagarles un monto fijo al mes por concepto de gasolina y depreciación de los mismos. Para visitas que requieran el uso de escaleras de expansión y materiales difíciles de transportar en un carro convencional, como por ejemplo, rollos de cable para exteriores y antenas satelitales, se cuenta con seis *pick ups* propios de la empresa que deben ser regresados a la estación base cada día en que son utilizados. Dos de dichos vehículos se encuentran asignados a la región metropolitana.

Aunque según la división geográfica del país la región metropolitana se divide en diecisiete municipios; Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Amatitlán es donde por lo general se concentran la mayoría de visitas de los veinticinco técnicos pertenecientes a dicha región. La tabla I muestra los datos de visitas para la región metropolitana durante el segundo semestre del 2016.

Tabla I. **Municipios de la región metropolitana visitados por los técnicos durante el segundo semestre del 2016**

MUNICIPIO	CANTIDAD DE VISITAS	PORCENTAJE DEL TOTAL
Guatemala	1,367	22.48%
Mixco	1,257	20.67%
Villa Nueva	1,144	18.81%
Amatitlán	744	12.23%
San José Pinula	635	10.44%
Santa Catarina Pinula	400	6.58%
San Miguel Petapa	233	3.83%
San Pedro Sacatepéquez	101	1.66%
Fraijanes	88	1.45%

San Juan Sacatepéquez	63	1.04%
Villa Canales	34	0.56%
San Pedro Ayampuc	12	0.20%
Chinautla	4	0.07%

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que a pesar de formar parte de la región de estudio, durante este período no se registraron visitas para los municipios de Palencia, San José del Golfo, Chuarrancho y San Raimundo.

De acuerdo a lo que se pudo observar, el monitoreo de la productividad de los técnicos se controla únicamente haciendo una verificación de la cantidad de visitas a clientes que el técnico pudo realizar durante el día, registrándolo en una bitácora como la mostrada en el anexo 2. En este sentido, al inicio de la jornada, el supervisor, utilizando una boleta especial (ver anexo 3), asigna a cada técnico sus visitas del día. En la misma, se muestra información de los clientes a atender y una breve descripción del trabajo a realizar. A parte de las computadoras para registrar los formatos digitales, no se cuenta con herramientas especializadas que permitan dar un mejor control del desempeño de los técnicos en ruta.

A pesar de haber implementado los formatos de control desde principios del año 2015, según se describe en el planteamiento del problema, últimamente se ha dado el caso que los técnicos no logran cumplir con todas las visitas programadas; lo que ocasiona que en la asignación siempre exista dilación. La tabla II muestra la cantidad de órdenes no completadas en su día de programación durante un año de operación.

Tabla II. **Cantidad de órdenes no completadas en su día de programación**

MES	ÓRDENES TRABAJADAS	ÓRDENES EN DILACIÓN
ene-16	855	278
feb-16	1,156	476
mar-16	1,089	255
abr-16	767	365
may-16	1,233	302
jun-16	1,098	267
jul-16	1,068	302
ago-16	988	189
sep-16	1,067	345
oct-16	967	456
nov-16	959	374
dic-16	1,033	298

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Aplicación de la entrevista estructurada

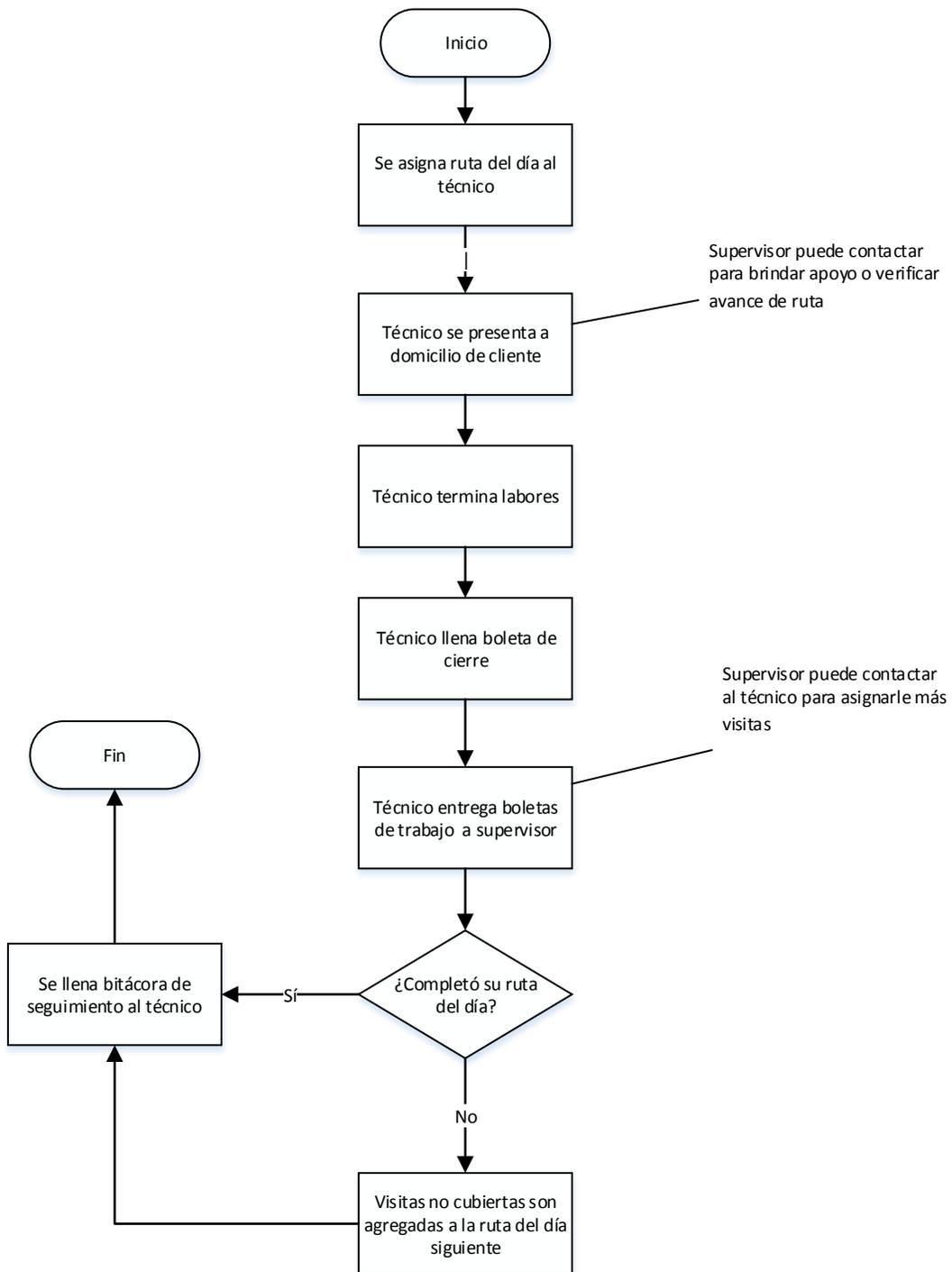
La aplicación de la entrevista estructurada les fue realizada, tanto al supervisor encargado de la región metropolitana como al jefe de la división. La misma permitió comprender de mejor forma la percepción que a nivel interno se tiene sobre el monitoreo en ruta. También permitió afianzar el método de control determinado en la observación directa y recabar información estadística complementaria a la presentada anteriormente.

La pregunta número uno hizo referencia a si se tiene conocimiento sobre la existencia de un procedimiento concreto para el control y monitoreo de la productividad de los técnicos ruterros. Tanto el supervisor como el jefe concordaron que no se cuenta con ningún procedimiento avalado por un documento formal aprobado por la jefatura técnica. La información que se lleva a

cabo por medio de bitácoras es recolectada, porque fue solicitado llevar dicho control. La misma se actualiza diariamente y es analizada mensualmente de forma global. Es decir, únicamente se da importancia al índice general sobre la cantidad de rutas cubiertas sin dilación versus las cubiertas con retraso en la programación de visitas a los clientes. Como área de oportunidad se identifica que no se tiene información específica desglosada por técnico, a la misma no se le da importancia, ya que existe un desinterés de la gerencia para ahondar en detalles.

La pregunta número dos, le pidió a los entrevistados realizar una descripción de la forma en la que se monitorea las labores de los técnicos en ruta. De acuerdo a la respuesta obtenida, el único control existente se realiza por medio de llamadas telefónicas o mensajes de texto con los que se localiza al técnico, en dado caso, se le debe asignar un cliente adicional que visitar o si es necesario realizarle alguna consulta. Sin embargo, que el técnico brinde una zona determinada como su localización, no es garantía que efectivamente se encuentre en dicho lugar. Del mismo modo, el técnico puede contactar al supervisor para informarle sobre cualquier inconveniente que pueda surgir en el transcurso de su ruta. Al finalizar su jornada, el técnico debe reportar los clientes visitados por medio de la entrega de su boleta de cierre respectiva, la cual se obtiene la información correspondiente para que el supervisor pueda tener al día su bitácora y que resulta ser la misma del asignación de visitas presentada en el anexo 3. El proceso de verificación de las rutas cubiertas es mostrado en la figura 6.

Figura 6. **Proceso de verificación de las rutas cubiertas**



Fuente: elaboración propia.

La pregunta número tres consiste en la descripción de los indicadores de desempeño existentes para la medición de la productividad en ruta. Como anteriormente se mencionó, el único indicador con el que se mide mensualmente el desempeño de la división de técnicos ruteros es el de rutas cubiertas, según programación versus rutas cubiertas en dilación. El cual básicamente compara del total de visitas realizadas en el mes, cuántas fueron cerradas en el mismo día en que fueron asignadas y cuantas fueron cerradas en días posteriores sin hacer una distinción en rangos de cantidad de días de atraso específicos; lo que puede llevar a perder información valiosa al realizar su respectivo análisis.

En la pregunta cuatro se les solicitó a los entrevistados cuantificar la calidad del desempeño de los técnicos ruteros en los últimos tres meses en una escala de 1 a 5, siendo 5 el máximo. Ambos coincidieron en dar un 3 a este aspecto, debido a que si bien el indicador medido ha ido mejorando su resultado, aún hay clientes que siguen sin ser atendidos en el día programado de acuerdo al patrón mostrado en los últimos tres meses reportados de la tabla III. En cuestiones de rentabilidad del negocio para este período, no se puede establecer una mejora, debido a que el costo en el que se incurre por cada técnico se considera fijo de acuerdo al siguiente desglose:

Tabla III. **Desglose mensual de costo por técnico**

RUBRO	COSTO
Sueldo de técnico	Q. 2,850.00
Depreciación del vehículo	Q. 150.00
Gasolina	Q. 600.00
Total por técnico	Q. 3,600.00

Fuente: elaboración propia.

La quinta pregunta trataba sobre las deficiencias que de acuerdo a los entrevistados existen en la forma en la que se monitorea la productividad de los técnicos en ruta. Según la respuesta obtenida, las principales deficiencias existentes se listan a continuación:

- No se conoce con exactitud la localización de los técnicos.
- El técnico puede reportar como no cubiertas cuántas visitas desee sin penalización alguna.
- El control que se lleva por medio de la bitácora diaria es prácticamente manual.
- Solo se conoce de un indicador para medir la productividad del grupo de técnicos.
- El monitoreo utilizando el teléfono celular incrementa los costos de operación.

Con la sexta pregunta, se buscó que los entrevistados propusieran soluciones tentativas a las deficiencias anteriormente mencionadas. Siendo las siguientes:

- Implementar un sistema de geolocalización para conocer la posición exacta del técnico.
- Establecer la cantidad máxima de visitas no realizadas, según rutas asignas tomando en consideración tiempo y distancia recorrida. Adicional, se podría asignar a una persona que contacte a los clientes, para coordinar la visita del técnico.
- Implementar un sistema de seguimiento automatizado que sustituya la bitácora manual.
- Crear más indicadores para extraer información crítica para la toma de decisiones.

- Crear un sistema de comunicación efectiva que reduzca los costos operativos. Este podría estar unificado con el sistema de geolocalización.

La pregunta número siete trataba que el entrevistado pudiera hacer la relación de las deficiencias anteriormente mencionadas, con el servicio brindado al cliente. De acuerdo a la respuesta obtenida por ambos entrevistados, con el cliente surge una percepción de impuntualidad e informalidad por parte de la empresa, causada por una cita que en lugar de ser atendida en el horario estipulado, es retrasada. Se tiene el caso que algunos clientes deciden cancelar su cita, y acudir con a la competencia en su lugar. En la tabla IV puede observarse la cantidad de citas canceladas en dilación en el año 2016.

Tabla IV. **Órdenes en dilación canceladas en el año 2016**

MES	ÓRDENES EN DILACIÓN CANCELADAS
ene-16	62
feb-16	34
mar-16	23
abr-16	42
may-16	21
jun-16	67
jul-16	23
ago-16	12
sep-16	44
oct-16	27
nov-16	51
dic-16	66

Fuente: elaboración propia.

En la pregunta ocho se les pidió a los entrevistados su opinión sobre los efectos que dichas deficiencias ocasionan a la empresa. Su respuesta básicamente fue muy similar a la anterior, en la que se hizo énfasis en la mala

imagen que la empresa puede dar al cliente. Clientes que deciden cambiar el servicio ofrecido por el de la competencia, masivamente, podrían crear pérdidas de rentabilidad.

Con la novena pregunta se buscó obtener la opinión con respecto a los beneficios que se podrían obtener con la implementación de un sistema GPS para el monitoreo en ruta. Ambos coincidieron en que se podría tener un gran beneficio, monitoreando en tiempo real la posición y actividad de cada uno de los técnicos. Si en caso se detecta un técnico que lleva más tiempo del asignado con un cliente, se le podría contactar inmediatamente preguntándole sobre su situación y en caso de ser necesario, ofrecerle el apoyo de forma oportuna. El servicio y la percepción del cliente definitivamente mejoraría, debido a que trabajos que puedan complicarse se les daría solución de forma más efectiva. Del mismo modo, se evitaría que los técnicos se desvíen de su ruta para visitar lugares no relacionados con su jornada laboral, lo que seguramente reduciría en gran medida el tiempo perdido en el recorrido entre cliente y cliente. El sistema GPS también podría ser utilizado como un sistema para hacer más seguro el recorrido de los técnicos y detectar cualquier eventualidad durante el mismo.

La pregunta número diez estuvo relacionada con los posibles indicadores de desempeño para el control y monitoreo de rutas que son necesarios formular, según las necesidades de supervisión de los entrevistados. De acuerdo a la respuesta obtenida, el jefe y supervisor de la región metropolitana concuerdan que el indicador medido previo al desarrollo de la investigación se debe mantener. Adicional, consideran importante implementar los siguientes tres indicadores:

- Tiempo por ruta
- Costo por ruta
- Visitas por ruta

2.2.3. Fortalezas y debilidades del monitoreo de las actividades de los técnicos en ruta

De la información anterior y su análisis respectivo, fue posible determinar las fortalezas y debilidades del monitoreo de la productividad previo a la implementación de la solución propuesta en el siguiente capítulo.

Dentro de las fortalezas encontradas se determinó que se cuenta con un indicador concreto con el que es posible monitorear la efectividad en la cobertura de rutas. Existe un proceso de recolección de información bien definido con el que dicho indicador se mide diariamente y se almacena en una base de datos de fácil acceso para cualquier consulta. Esto permite contar con registros bien detallados que sirven como punto de partida para el desarrollo de la investigación. Adicional, se tiene claramente definido a los encargados de recolectar, medir y analizar dicho indicador existente, siendo éste el supervisor de cada región. Así, se puede decir que se cumple con tres de las seis condiciones establecidas por Mora (2005) para el mantenimiento de un indicador de desempeño dentro de cualquier organización: periodicidad, sistema de información y responsabilidad.

Por otro lado, se encontraron tres debilidades principales que deberán ser abordadas con la solución propuesta. Como primer punto, se menciona la inexistencia del uso de tecnologías específicas para el monitoreo de los técnicos; el teléfono celular es utilizado únicamente como un medio de comunicación entre el técnico y su supervisor. Como segundo punto, si bien se posee un indicador con una periodicidad de medición definida, la información recopilada es analizada de forma global. Es decir, no se realiza un desglose técnico por técnico para hacer una medición de la productividad individual del factor mano de obra. Por último, si bien se le da importancia a la dilación para las rutas, no existe un rango

de distinción que permita establecer de manera específica del total de retrasos, cuántos corresponden a un día, dos días, tres días y así sucesivamente.

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En la tercera fase de investigación, se procedió a elaborar la propuesta capaz de solucionar la problemática presentada y abordar las necesidades detectadas en el capítulo anterior. La misma se divide en dos partes: propuesta del sistema GPS a implementar y definición de los indicadores de desempeño, basados en la información posible de recabar y que serán importantes para monitorear la productividad de los técnicos en ruta.

3.1. Propuesta de sistema GPS

El sistema GPS a implementar no sólo debe cumplir con satisfacer las necesidades detectadas, sino que también debe ser consistente con el presupuesto con el que se cuenta, Q.20,000 establecidos para la implementación. El costo por mantenimiento puede variar, según la propuesta elegida; aunque lo deseable es minimizarlo en su totalidad.

Por tal motivo, se hizo una búsqueda sobre las diversas soluciones GPS a las que la empresa podría aplicar. Se encontraron cinco candidatos de los cuales aplicando criterios de elección como inversión a realizar, funcionalidad, información desplegada y facilidad de implementación, se optó por trabajar con la plataforma de la empresa rusa especializada en servicios de rastreo GPS y desarrollo de software, *Traccar Limited*.

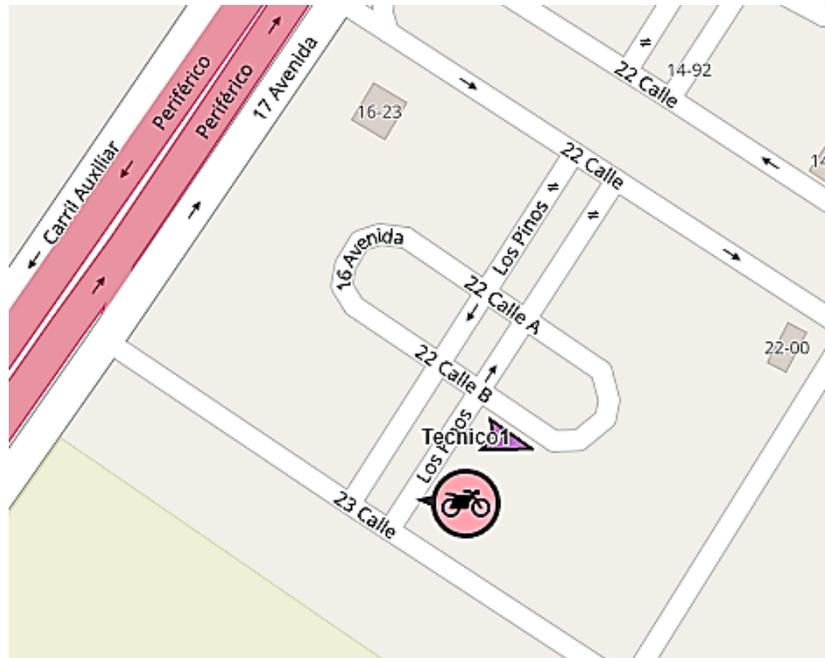
3.1.1. Traccar

Traccar es una plataforma GPS que funciona bajo el concepto informático cliente-servidor basada en lenguaje *open source*, la cual soporta un total de 140 protocolos y reconoce más de 1000 modelos comerciales de dispositivos de rastreo GPS. El término *open source* hace referencia a que no es necesario tener una licencia para utilizarlo; el usuario puede descargar el instalador sin restricción alguna. Así, se tiene como primera ventaja de implementación en que únicamente deberán tomarse en consideración los costos asociados al *hardware* en que será alojado.

Adicional a su operación sin licenciamiento, en cuanto a funcionalidad, se optó por Traccar debido a que su plataforma brinda los tres principales requisitos que cualquier gestor GPS debe tener para que permita monitorear de forma efectiva la productividad en ruta:

- Rastreo en vivo: por medio de la plataforma es posible observar la posición de los dispositivos GPS en tiempo real sin ningún retraso, utilizando mapas básicos hasta imágenes satelitales. Un ejemplo de rastreo utilizando mapas básicos, la forma más común de monitoreo, se muestra en la figura 7. El círculo con la silueta de una motocicleta representa la ubicación del técnico 1 como es indicado.
- Alertas: Según la configuración realizada, Traccar es capaz de proveer notificaciones vía correo electrónico, SMS y notificaciones web para cualquier comportamiento que se determine puede ser negativo para el funcionamiento de la flota de vehículos. Desde velocidades altas, eventos de mantenimiento, salidas de zonas geográficas específicas, entre otros.

Figura 7. **Rastreo en vivo en Traccar utilizando mapas básicos**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

- Reportes: Traccar es capaz de generar reportes desde históricos de viajes realizados, gráficas de uso de recursos y resumen de la ruta del día. La información puede ser vista directamente desde la plataforma o puede ser exportada para mostrarse en el programa MS Excel.

Los dos últimos requisitos, serán abordados a detalle más adelante.

3.1.2. Estructura del servidor

Como se mencionó anteriormente, la solución de Traccar necesita de un servidor y un cliente. En el caso del servidor, el programa puede ser instalado de forma fácil en los sistemas operativos de Windows y Linux. Adicional, si fuese necesario, puede ser instalado directamente en la nube. En este sentido, como parte del valor agregado a la plataforma, Traccar ofrece la posibilidad de alquilar

mensualmente un servidor remoto en el que es posible almacenarla y que tiene los requisitos técnicos para hacerla funcionar correctamente de acuerdo a la cantidad de dispositivos a monitorear. El pago incluye su administración y resolución de problemas por parte de técnicos expertos en caso sea necesario. Además, habilita la opción de geocodificación inversa, con la que los reportes generados muestran la dirección exacta en la que se encuentra el técnico.

3.1.2.1. Instalación del servidor

Como fase uno de la implementación del GPS en la empresa, se hará uso de un servidor local para el almacenamiento de la plataforma. Posterior a este estudio, basado en el funcionamiento, percepción de los técnicos y resultados obtenidos en la productividad de la muestra analizada, se deberá evaluar la viabilidad de adquirir un servidor en la nube con personalización y soporte dedicado para tener la función de geocodificación inversa que como se verá más adelante, resultaría ser útil para un control más específico de los técnicos.

El hardware adquirido para alojar la plataforma servidor posee sistema operativo Windows, por lo que se hace énfasis en describir los pasos de instalación asociados al mismo. Como se observa, únicamente se deben de llevar a cabo cinco sencillos pasos que resaltan su facilidad de implementación.

1. Como primer paso, es necesario instalar la plataforma para ejecutar elementos interactivos, Java. Se debe visitar el sitio web www.java.com y descargar la versión para Windows, como lo muestra la figura 8.

Figura 8. Descarga de Java para Windows



Fuente: <https://java.com/es/download/windows-64bit.jsp>.

Luego de descargado el instalador, deberá ser ejecutado siguiendo las instrucciones que aparecen en pantalla. Se recomienda utilizar la instalación por defecto.

2. El segundo paso consiste en instalar la plataforma de monitoreo Traccar. Para ello, se deberá navegar al sitio web www.traccar.org y seleccionar la sección *download* en la parte superior. Seleccionar la última versión para Windows y el instalador comenzará a descargarse (ver figura 9).

Figura 9. Descarga de Traccar para Windows

The screenshot shows the Traccar website's download page. The navigation bar includes links for Devices, Products, Download, Support, Services, and About, along with a search bar and the user name 'Mario Lopez'. The main heading is 'Download', followed by 'Latest Server Release'. Below this, a table provides download links for various operating systems. A red arrow points to the Windows download link.

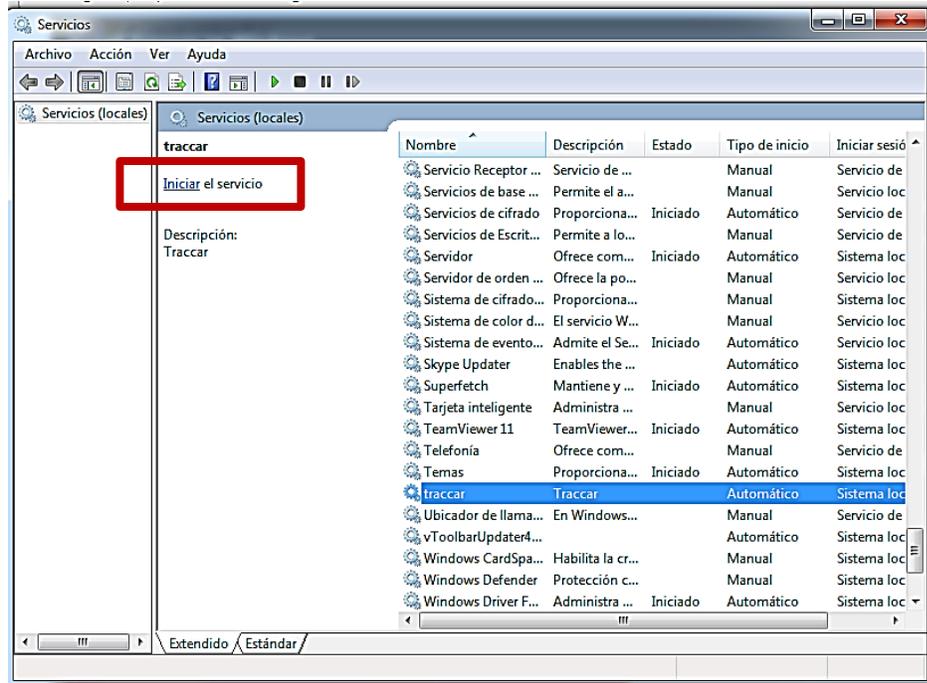
Operating System	File	Date
Windows	traccar-windows-3.14.zip	02-Sep-2017
Linux	traccar-linux-3.14.zip	02-Sep-2017
macOS	traccar-macos-3.14.zip	02-Sep-2017
Other (manual installation required)	traccar-other-3.14.zip	02-Sep-2017

Fuente: <https://www.traccar.org/download/>.

Finalizada la descarga el instalador comenzará a ejecutarse. Se debe seguir los pasos en pantalla y dejar la configuración por defecto.

- Debido a que Traccar es un servicio que es ejecutado en segundo plano, cada vez que el equipo se reinicie deberá ser inicializado manualmente. Para ello, se debe abrir el listado de servicios activos y posicionarse en el correspondiente a Traccar. Seleccionar la opción iniciar servicio como lo muestra la figura 10.

Figura 10. Inicialización de Traccar en Windows



Fuente: elaboración propia, captura Servicios de Windows.

4. Para ingresar a la plataforma servidor, se debe abrir un navegador y acceder a la dirección localhost:8080. La pantalla de inicio pedirá usuario y contraseña en donde en ambos campos deberá colocarse la palabra admin.

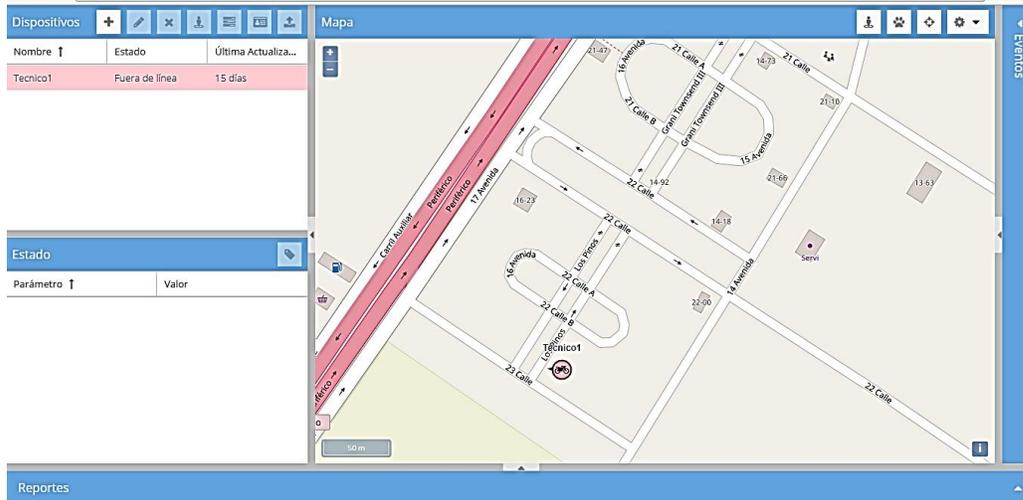
Figura 11. Pantalla de inicio Traccar Server



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Se iniciará la ventana correspondiente a la plataforma servidor. La misma se muestra en la figura 12.

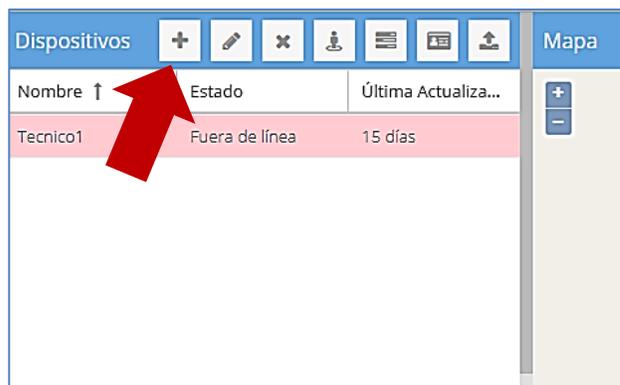
Figura 12. **Ventana principal Traccar Server**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

5. El último paso de instalación del servidor consiste en agregar los dispositivos a monitorear. Para ello, se debe ubicar el botón agregar que se encuentra en la esquina superior izquierda, a la par donde dice *dispositivos*, como lo muestra la figura 13.

Figura 13. **Botón agregar dispositivos en Traccar Server**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Se abrirá la ventana mostrada en la figura 14, en donde deberá ingresarse la información correspondiente al nuevo dispositivo. En el campo Identificador deberá ingresarse el código único de identificación, el cual es dado por la aplicación cliente como se verá más adelante. En el campo categoría es posible seleccionar un ícono identificador específico para dicho dispositivo, por defecto corresponde a un círculo con un punto en su centro, aunque es posible seleccionar una silueta de un automóvil o motocicleta según el vehículo del que se trate.

Figura 14. **Ventana agregar nuevo dispositivo**

The image shows a software window titled "Dispositivo" with a close button in the top right corner. The window is divided into two sections: "Obligatorio" and "Extra". The "Obligatorio" section contains two text input fields labeled "Nombre:" and "Identificador:". The "Extra" section contains a dropdown menu for "Grupo:", text input fields for "Teléfono:", "Modelo:", and "Contacto:", and a dropdown menu for "Categoría:". At the bottom of the window, there is a blue button labeled "Atributos", a checkmark button, and a close button.

Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Como complemento a la estructura del servidor, Traccar desarrolló una aplicación de monitoreo llamada Traccar Manager, en la cual es posible tener un control en tiempo real de los vehículos asociados desde cualquier dispositivo móvil, sin necesidad de estar todo el tiempo frente a un monitor. Como se muestra en la figura 15, su interfaz es muy parecida al servidor web y puede ser descargada para el sistema operativo Android y IOS. Su forma de instalación es

como cualquier aplicación convencional y se accede de igual forma que la plataforma web. Como único requisito de configuración adicional, es que al ser iniciada por primera vez, pedirá la dirección IP del servidor web configurado anteriormente. Los dispositivos serán cargados automáticamente; aunque también es posible agregar otros adicionales de la misma forma como se describe en el paso cinco.

Figura 15. **Interfaz Traccar Manager**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Manager.

3.1.3. Estructura del cliente

Para formar la parte del lado del cliente, se pueden utilizar varios rastreadores GPS de las marcas más conocidas en el mercado. La principal ventaja, en combinación con la característica *open source* que contribuyó a la elección de Traccar sobre las otras cuatro propuestas principales, es que si en caso no se posee un transmisor GPS específico, es posible utilizar un teléfono

celular tipo smartphone como generador de ubicación. Para ello es necesario descargar la aplicación Traccar Client compatible con Android y IOS.

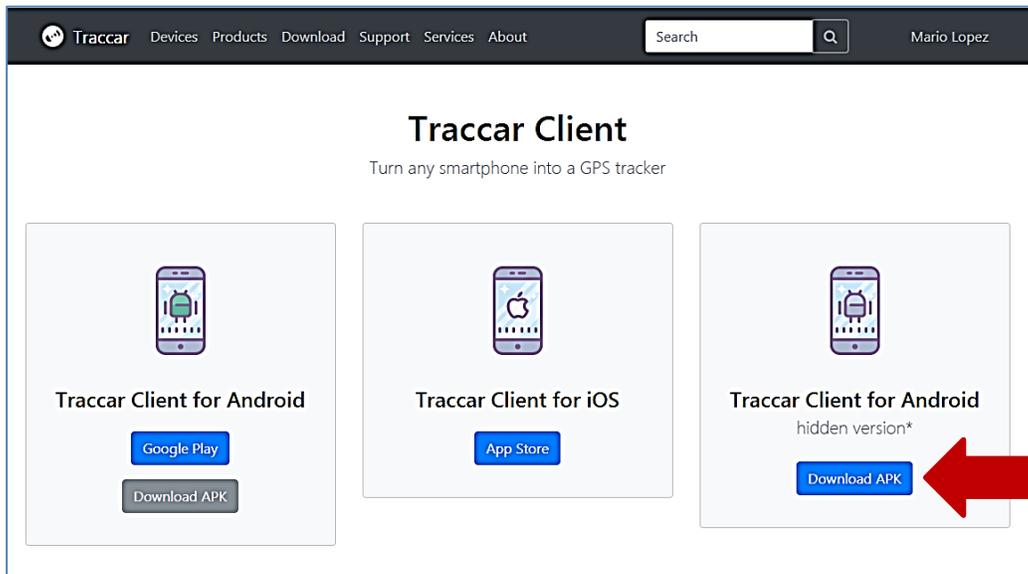
La aplicación cliente tiene una versión estándar que funciona como cualquier otra de forma normal y una versión oculta (*hidden version*). Para evitar que el técnico realice una mala configuración o desconecte de forma voluntaria o involuntaria la función GPS del dispositivo, se sugiere utilizar la versión oculta; la cual funciona exactamente igual que la versión estándar, con la diferencia que el usuario no puede modificar parámetro alguno. Adicional, la aplicación y función GPS se activa automáticamente al encender el dispositivo. En resumen, el usuario no nota la presencia de dicha aplicación en su teléfono celular.

3.1.3.1. Instalación del cliente

La versión oculta de Traccar se encuentra disponible únicamente para el sistema operativo Android. Su instalación conlleva unos cuantos pasos más que la versión estándar, pero resulta ser de igual forma bastante sencilla, como una *app* convencional. Los pasos se describen a continuación:

1. Como primer punto, se debe acceder a la página web de Traccar y en la sección *download* seleccionar Traccar Client. En la ventana que se mostrará debe seleccionarse *download apk* para descargar la versión oculta, según se muestra en la figura 16.
2. El archivo descargado deberá ser transferido al dispositivo móvil en donde desea instalarse la aplicación.
3. Ubicar el archivo con extensión *.apk* en las carpetas del dispositivo móvil y seleccionarlo para comenzar la instalación.

Figura 16. **Descarga de Traccar Client en su versión oculta**



Fuente: <https://www.traccar.org/client>.

4. Al finalizar, se creará el ícono ajustes del dispositivo mostrado en la figura 17. Abrirlo para acceder a la pantalla de configuración de Traccar Client.

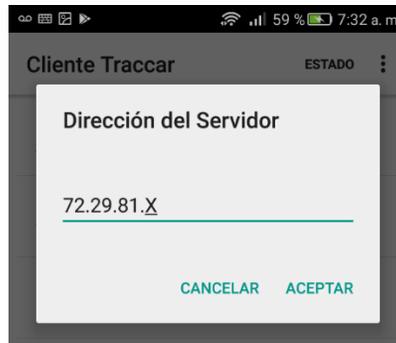
Figura 17. **Ícono Traccar Client versión oculta**



Fuente: elaboración propia, captura sistema operativo Android.

5. En la ventana que se abrirá, seleccionar la opción dirección del servidor. Se desplegará el cuadro mostrado en la figura 18 en donde deberá ingresarse la dirección IP pública asignada al servidor. La misma corresponde a la utilizada para configurar Traccar Manager.

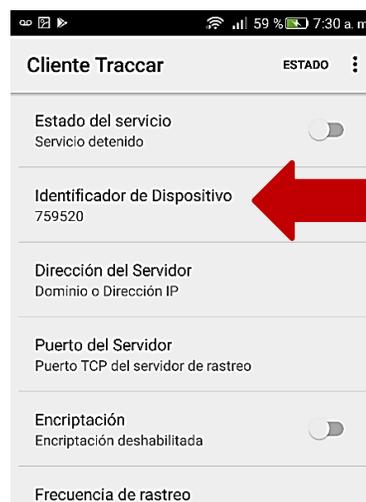
Figura 18. Ingreso de la dirección IP pública asignada al servidor



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Client.

6. En la venta principal, seleccionar frecuencia de rastreo y colocar el intervalo de tiempo que deberá pasar entre cada notificación enviada del cliente al servidor. Para esta configuración se utilizará un intervalo de cinco minutos (300 segundos).
7. Anotar el número indicado en el campo identificador de dispositivo, el cual es mostrado en la figura 19. Éste es el que deberá ser ingresado en el paso número 5 de la sección configuración del servidor.

Figura 19. Identificador del dispositivo cliente



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Client.

8. Como último paso, se debe activar el envío de notificaciones hacia el servidor. Para ello se debe seleccionar la opción Estado de Servicio. La barra del lado derecho del campo deberá tornarse color verde y las demás opciones no podrán seleccionarse (ver figura 20).

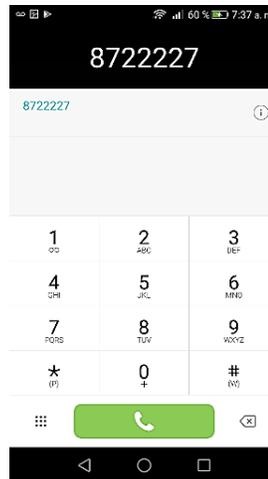
Figura 20. **Activación de notificaciones hacia el servidor**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Client.

Luego de haber realizado las configuraciones correspondientes, será necesario ocultar la aplicación y el ícono de acceso respectivo. Para ello, únicamente se debe salir de la misma y el programa hará los pasos automáticamente. Si en dado caso es necesario acceder de nuevo para realizar algún ajuste a la configuración realizada, se deberá marcar como si se realizara una llamada el número 8722227, como se muestra en la figura 21. Este comando abrirá nuevamente la ventana de configuración del cliente y al salir la ocultará automáticamente.

Figura 21. **Acceso a Traccar Client luego de haber sido ocultada**



Fuente: elaboración propia, captura sistema operativo Android.

3.1.4. Configuraciones especiales

Como parte de la funcionalidad que lo llevó a ser elegido sobre las demás plataformas GPS, Traccar posee opciones especiales de alertas para eventos de interés específicos y reportes para control. Ambas opciones serán configuradas para hacer del sistema propuesto uno más robusto, para monitorear eficazmente las labores de los técnicos en la cobertura de sus rutas asignadas.

3.1.4.1. Configuración de alertas

Como fue mencionado anteriormente, Traccar Server es capaz de enviar alertas vía web, correo electrónico o SMS para eventos de control específico. Las notificaciones vía SMS se encuentran disponibles únicamente para los servicios de pago. Por tal motivo, para esta primera fase de implementación del sistema GPS en la empresa, se hará uso únicamente de los avisos web y correo electrónico, cuya activación es bastante sencilla.

Las notificaciones web serán de utilidad cuando el supervisor se encuentre monitoreando directamente la plataforma, ya sea por medio de la computadora asignada o a través de su dispositivo móvil utilizando la aplicación Traccar Manager. Las notificaciones vía correo se utilizarán en los casos en que no pueda acceder a ninguno de estos elementos, pero de igual forma se necesite tener un registro de la actividad de cada técnico. Por defecto, las notificaciones vía correo sólo se envían cuando el usuario no se encuentra conectado a la plataforma.

Para la implementación de las alertas vía correo electrónico, es necesario acceder a la sección de atributos para la cuenta específica. Para ello se debe seleccionar el ícono de preferencias en la esquina superior derecha de la plataforma web y luego dirigirse a la opción cuenta. Se abrirá la ventana atributos en donde se deberá aplicar la configuración mostrada en la figura 22.

Figura 22. **Configuración de alertas vía correo electrónico**

Nombre	Valor
Correo: Servidor SMTP	servidor smtp de la empresa
Correo: Puerto SMTP	465
Correo: Contraseña SMTP	usuario@correo.com
Correo: Nombre de usuario SMTP	usuario
Correo: Habilitación de autenticación SMTP	true
Correo: SMTP desde	usuario@correo.com
Correo: Habilitar SMTP SSL	true
Correo: SMTP STARTTLS requerido	true
Correo: Habilitar SMTP STARTTLS	true

Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Para elegir el tipo de alertas a notificar tanto vía web como por correo electrónico, se debe seleccionar la opción notificaciones del ícono preferencias. Se abrirá un cuadro de diálogo como el mostrado en la figura 23, en donde se debe de seleccionar los eventos a ser notificados.

Figura 23. Selección de eventos a ser notificados

Notificaciones			
Tipo de Notificación ↑	Enviar vía Web	Enviar vía Email	Enviar vía SMS
Alarmas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resultado de comando	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pérdida de combustible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo se está moviendo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo está fuera de línea	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo está en línea	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo excedió el límite de velocidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo se ha detenido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El estado del dispositivo es desconocido	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Driver has changed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo ha ingresado a la geocerca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El dispositivo ha salido de la geocerca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Encendido OFF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Encendido ON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requiere mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mensaje de texto recibido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Las alertas de interés que deberán seleccionarse por el tipo de dispositivo utilizado y la información a manejar se listan a continuación:

- El dispositivo se está moviendo.
- El dispositivo está fuera de línea (desconectado).
- El dispositivo está en línea (activo).
- El dispositivo se ha detenido.

3.1.4.2. Generación de reportes

Como ya fue mencionado, los reportes generados por Traccar pueden ser visualizados, tanto en la plataforma web, como en el programa MS Excel. Cada una de las opciones es mostrada en las figuras 24 y 25 respectivamente. Debido a que no se encuentra utilizando la versión de paga, no es posible hacer uso de la opción de geolocalización inversa para conocer la dirección exacta de la ubicación reportada. Sin embargo, para los fines que se le dará al sistema GPS en su primera fase de implementación, se considera que no afectará el desempeño de la solución.

Figura 24. Reporte generado por Traccar

Nombre de Dispositivo	Válida	Hora	Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Dirección
Tecnico1	Sí	2017-08-27 14:59:18	14.604265°	-90.558663°	1453.8	0.5 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 14:59:52	14.604228°	-90.558702°	1453.7	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:00:22	14.604297°	-90.558723°	1453.9	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:00:52	14.604297°	-90.558723°	1453.9	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:01:22	14.604352°	-90.558810°	1454.4	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:01:52	14.604352°	-90.558810°	1454.4	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:02:22	14.604352°	-90.558810°	1454.4	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:03:19	14.604308°	-90.558723°	1458.9	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:03:49	14.604305°	-90.558725°	1459	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:04:19	14.604305°	-90.558725°	1459	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:04:49	14.604305°	-90.558725°	1459	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:05:19	14.604305°	-90.558725°	1459	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:05:49	14.604305°	-90.558725°	1459	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:06:19	14.604245°	-90.558772°	1510.3	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:06:49	14.604245°	-90.558772°	1510.3	0.0 KM/H	
Tecnico1	Sí	2017-08-27 15:07:28	14.604192°	-90.558902°	1521.4	5.2 KM/H	

Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

Figura 25. **Reporte generado por Traccar exportado al programa MS Excel**

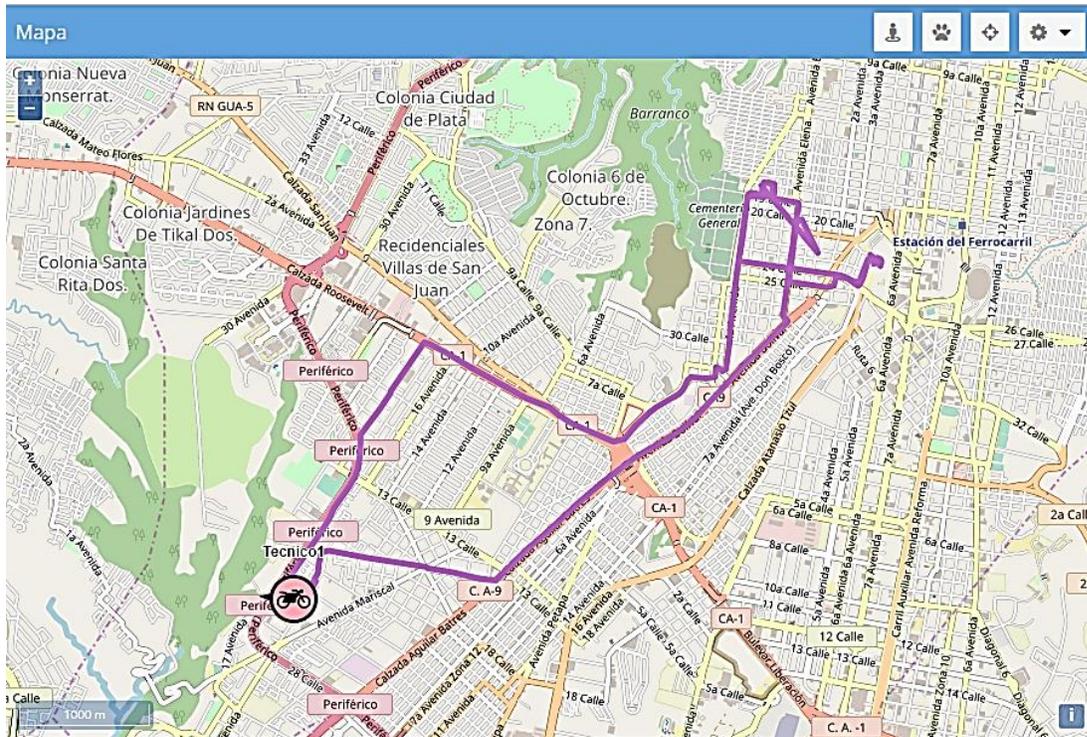
Valid	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Speed	Address	Attributes
VERDADERO	2017-08-27 14:59:18	14.604265	-90.558663	1454 m	0.5 km/h	14.604265°, -90.558663°	batteryLevel=41.0 distance=0.0 totalDistance=0.0 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO	2017-08-27 14:59:52	14.604228	-90.558702	1454 m	0.0 km/h	14.604228°, -90.558702°	batteryLevel=41.0 distance=5.81 totalDistance=5.81 ip=181.209.138.30 motion=false
VERDADERO	2017-08-27 15:00:22	14.604297	-90.558723	1454 m	0.0 km/h	14.604297°, -90.558723°	batteryLevel=41.0 distance=7.96 totalDistance=13.77 ip=181.209.138.30 motion=false
VERDADERO	2017-08-27 15:00:52	14.604297	-90.558723	1454 m	0.0 km/h	14.604297°, -90.558723°	batteryLevel=41.0 distance=0.0 totalDistance=13.77 ip=181.209.138.30 motion=false
VERDADERO	2017-08-27 15:01:22	14.604352	-90.558810	1454 m	0.0 km/h	14.604352°, -90.558810°	batteryLevel=41.0 distance=11.16 totalDistance=24.93 ip=181.209.138.30 motion=false

Fuente: elaboración propia, captura MS Excel.

Los reportes que se propone implementar permitirán recabar información clave para la evaluación de la productividad de los técnicos en ruta. Los mismos se describen a continuación:

- Reporte de ruta: permite conocer la ruta recorrida por el técnico durante su jornada laboral. El reporte muestra la hora en que la ubicación es reportada, sus coordenadas, la velocidad del recorrido y un listado de atributos específicos para el dispositivo, entre los que destacan el nivel de batería y la distancia recorrida entre coordenadas y acumulada para el trayecto completo. Un ejemplo de este reporte es encontrado en el anexo 4. Junto con este reporte se tiene la ventaja que la ruta puede ser visualizada en el mapa como se muestra en la figura 26. Esto facilita detectar cualquier desvío hacia destinos no programados.

Figura 26. Visualización de la ruta realizada por un técnico



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

- Reporte de viajes: permite conocer datos importantes para cada tramo de la ruta realizada por el técnico; es decir, los recorridos entre visitas realizadas. Como parte de la información que es posible recopilar se encuentra la hora y coordenadas de inicio y llegada, la duración del tramo, la distancia entre los puntos y la velocidad promedio de cada viaje. Como en el caso anterior, en el mapa es posible visualizar el tramo recorrido (ver figura 27). Un reporte ejemplo de este tipo se encuentra en el anexo 5.

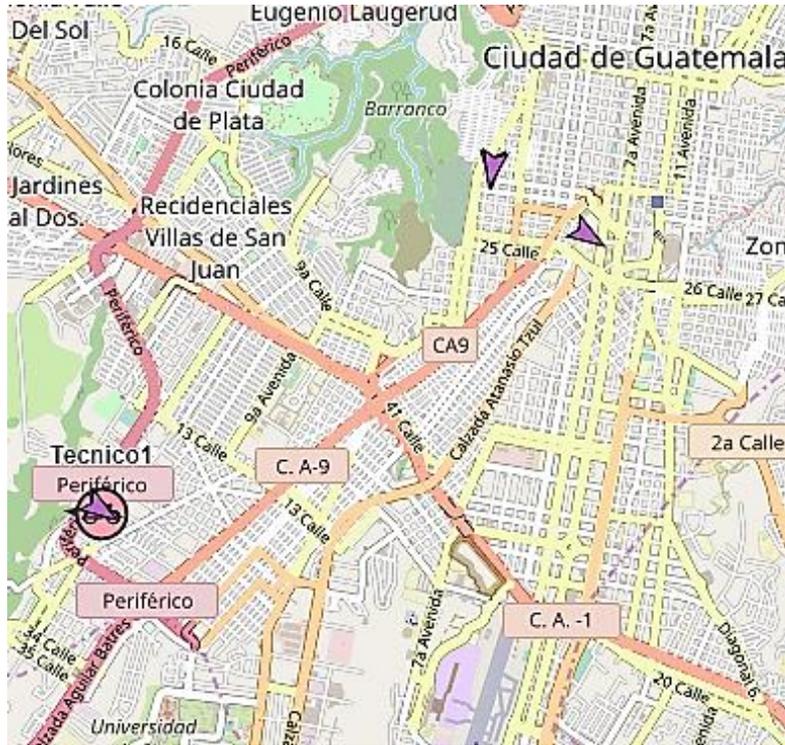
Figura 27. Visualización de un tramo en la ruta del técnico



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

- Reporte de paradas: como su nombre lo indica, con este reporte es posible determinar todas las paradas o visitas que el técnico pudo realizar durante la jornada laboral. Los campos mostrados corresponden a la hora de inicio y final, y duración total de la visita. Como ventaja se tiene que en caso se tenga duda de la ubicación para una parada específica, es posible visualizarlas en el mapa como se muestra en la figura 28, las cuales son identificadas por un triángulo de color morado. Un ejemplo de este reporte es encontrado en el anexo 6.

Figura 28. **Ubicación de las paradas realizadas en la cobertura de una ruta**



Fuente: elaboración propia, captura Traccar Server.

- Reporte resumen: el último reporte de interés corresponde al resumen de la ruta del día. Los campos que se muestran consisten en la distancia total recorrida, la velocidad promedio y máxima del recorrido. Un ejemplo del mismo puede ser encontrado en el anexo 7.

3.1.5. Costo de la propuesta

Basados en que el sistema GPS propuesto es de libre utilización sin costo por licenciamiento, y que por el momento no se recurrirá a los servicios de almacenamiento en la nube, se estableció que para determinar los costos de implementación de la propuesta se deberá tomar en consideración los rubros de hardware del servidor y de los dispositivos cliente.

Para el caso del servidor, se sugiere adquirir una computadora con requisitos mínimos de 8 GB de memoria RAM y disco duro de 500 GB con sistema operativo Windows 10 de 64 bits. No deberá incluirse un costo asociado a la dirección IP pública necesaria para la configuración, ya que la misma será tomada del rango de direcciones libres asignadas para uso de la página web de la empresa.

Para el caso de los dispositivos clientes, se recomienda la adquisición de un teléfono móvil tipo smartphone de gama media para cada uno de los veinticinco técnicos. El mismo no será utilizado únicamente como terminal GPS, también se aprovechará como un elemento de comunicación para uso corporativo. Así, adicional al costo de cada celular, debe de adquirirse un plan de datos y minutos para que el dispositivo pueda funcionar en cualquier punto en donde se encuentre. El primer costo corresponderá a implementación; mientras que el segundo, al mantenimiento de la solución. La estimación de costos, tanto de implementación como de mantenimiento se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Estimación de costos de implementación y mantenimiento de la solución propuesta**

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Computadora para alojar al servidor	1	Q4,945	Q4,945
Smartphone gama media	26	Q575	Q14,950
Total Inversión para implementación			Q19,895
Plan de datos y minutos	26	Q199	Q5,174
Total Inversión para mantenimiento (mensual)			Q5,174

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el costo total de implementación estimado se encuentra dentro del presupuesto asignado. Es necesario hacer la observación que los costos asociados al mantenimiento de la solución y adquisición de los smartphones, podrían ser reducidos en caso el plan contratado los incluya dentro de la cuota mensual. Se sugiere contactar al área de ventas corporativa de las empresas de telefonía móvil del país, para consultar sobre los precios de los distintos planes existentes y sus modalidades, con o sin teléfono incluido.

3.2. Definición de los indicadores de desempeño

Como complemento al funcionamiento de Traccar para monitorear la actividad de los técnicos ruterros, se procederá a crear los indicadores de desempeño basados en la información posible de recopilar.

De acuerdo a Sánchez (2013), la cantidad adecuada de indicadores que es necesario incluir en el monitoreo de cualquier proceso para hacerlo eficiente y para facilitar la toma de decisiones, no debe ser mayor a cinco. Concordando con ello, se propone mantener el indicador ya medido realizándole ciertas modificaciones y crear tres adicionales, para tener un total de cuatro indicadores claves para medir la productividad en ruta.

Los indicadores propuestos a continuación serán medidos de forma individual y global. La primera hace referencia a obtener su valor para cada técnico, de manera que sea posible llevar un control detallado para establecer mejoras a un nivel más específico. Por otro lado, la segunda consiste en su obtención tomando los datos de forma grupal para explicar la productividad de toda la región. Si en esta última existe mejora, a nivel individual también existirá, y viceversa.

3.2.1. Efectividad en las visitas realizadas

El indicador clientes atendidos versus atendidos en dilación existente, conforme fue determinado en el diagnóstico realizado, tiene como objetivo medir del total de visitas realizadas al mes cuántas fueron realizadas en tiempo y cuántas con retraso. El indicador se expresa de la siguiente forma: “De 1000 visitas realizadas durante el mes, 700 fueron completadas, según programación, mientras que 300 fueron completadas con días en dilación”.

Para darle un sentido más concreto para ser presentado en *el dashboard* de resultados del área, se propone que el indicador sea expresado en forma de porcentaje y que sea denominado efectividad en las visitas realizadas (EV). El mismo se calculará de la siguiente forma:

$$EV = \frac{(Total\ de\ Visitas - Visitas\ cubiertas\ en\ dilación)}{Total\ de\ Visitas} * 100$$

Por ejemplo, si en un mes de trabajo se realizaron 480 visitas y se registraron que 79 fueron cubiertas con días de dilación, aplicando la fórmula de cálculo se obtiene lo siguiente:

$$EV = \frac{480 - 79}{480} * 100 = 83.5\%$$

Es decir, el 83.5% de las visitas del mes fueron cubiertas sin dilación.

Como parte de la definición del indicador, se estipula que su medición sea mensual, siendo el encargado de recopilar la información necesaria y calcularlo el supervisor de la región.

3.2.2. Días de dilación

El segundo indicador creado como parte de la propuesta busca tener un control sobre la cantidad de días de dilación, bajo los cuales son atendidas las visitas. Como es de esperarse, se busca que el resultado de este indicador se encuentre lo más cercano a cero, ya que se desea atender las visitas en el mismo día en que son programadas; mejorando así la percepción del cliente sobre el servicio ofrecido. El indicador será llamado días de dilación (DD) y se calculará de la siguiente forma con una periodicidad mensual:

$$DD = \frac{\sum \text{días de dilación}}{\text{Cantidad de visitas en dilación}}$$

Como ejemplo de cálculo, se presenta el siguiente caso: se tiene que al mes se visitaron 233 clientes con un día o más de dilación. Al sumar cada día de dilación bajo los cuales se realizaron las 233 visitas se obtienen 252 días. Ingresando los datos a la fórmula se tiene:

$$DD = \frac{252}{233} = 1.08 \text{ días}$$

Es decir que durante el mes, las órdenes retrasadas fueron atendidas con 1.08 días de dilación en promedio.

Nuevamente el supervisor será el encargado de calcular y monitorear el indicador para su región asignada.

3.2.3. Tiempo promedio por visita

La productividad del factor tiempo también debe ser medido con la propuesta realizada. Por tal motivo, se sugiere la creación del indicador tiempo promedio por visita (TPV). El mismo tiene como finalidad llevar un control sobre el tiempo que pasan los técnicos en el domicilio de los clientes, el cual es considerado como el tiempo efectivo de trabajo sobre la jornada de ocho horas diarias. Este varía según el tipo de trabajo a realizar, pero se considera que un tiempo de una hora y media (1.5 horas) por visita es razonable. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$TPV = \frac{\sum \text{Tiempos de las visitas del mes en horas}}{\text{Cantidad de visitas del mes}}$$

Como ejemplo de cálculo, se presenta la siguiente situación: se tienen tres técnicos quienes realizaron tres visitas en el mes con los siguientes tiempos:

Tabla VI. **Ejemplo de cálculo del indicador TPV**

	Técnico 1	Técnico 2	Técnico 3
Visita 1	1.5	1	4
Visita 2	0.5	0.35	0.67
Visita 3	3	0.2	1

Fuente: elaboración propia.

El cálculo del tiempo promedio por visita para dicho mes quedaría de la siguiente forma:

$$TPV = \frac{1.5 + 0.5 + 3 + 1 + 0.35 + 0.2 + 4 + 0.67 + 1}{9} = 1.36 \text{ horas}$$

Este tiempo promedio por visita quiere decir que “los técnicos estuvieron en promedio 1.36 horas en el domicilio del cliente para brindarle una solución”.

Este también será medido de forma mensual por parte del supervisor.

3.2.4. Visitas realizadas por técnico

El cuarto indicador propuesto pretende tener un control sobre la productividad del factor mano de obra. Para ello, se propuso la creación del indicador visitas realizadas por técnico (VT). Este pretende ser medido semanalmente por parte del supervisor, indicando en promedio cuántas visitas es capaz de cubrir un técnico en dicho periodo. Su fórmula de cálculo se expresa a continuación:

$$VT = \frac{\textit{Visitas realizadas a la semana}}{\textit{Cantidad total de técnicos}}$$

Por ejemplo, si se tienen cinco técnicos y en la semana de cálculo fueron realizadas 123 visitas, el indicador quedaría de la siguiente forma:

$$T = \frac{123}{5} = 24.6$$

Es decir, cada técnico realizó a la semana aproximadamente 25 visitas.

4. IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE LA SOLUCIÓN

La cuarta fase de investigación consistió en la implementación del sistema propuesto, siguiendo una metodología fundamentada en la teoría existente presentada en el capítulo uno. Luego de su incorporación oficial a las labores de los técnicos que conforman la muestra analizada, la solución se dejó funcionando por un período de tres meses consecutivos; de manera que se pudiera recabar la suficiente información para posteriormente analizar los cambios obtenidos y poder determinar su efectividad.

4.1. Proceso de implementación de la solución GPS

La implementación del sistema GPS se dividió en dos etapas principales: adquisición de los recursos materiales necesarios e implementación del sistema en la cultura organizacional. La primera hace referencia a la adquisición del hardware necesario para el alojamiento de Traccar, tanto servidor como clientes. En la segunda etapa, se describen los pasos necesarios que debieron llevarse a cabo para implementar el sistema de forma natural en las funciones de la empresa.

4.1.1. Adquisición de los recursos materiales

Luego de encontrar el GPS que mejor se adaptara a las necesidades de la empresa analizada, se presentó dicha solución a junta directiva para su aprobación. Posterior a la obtención de su visto bueno y del área de finanzas para realizar la inversión planteada, se procedió con la compra de los recursos materiales necesarios.

Para la implementación del servidor se procedió a adquirir el equipo de cómputo sugerido, exactamente con las mismas características solicitadas. Debido a que la empresa ya tenía una computadora disponible para utilización, los costos de implementación fueron reducidos como se mostrará más adelante. Del mismo modo, la instalación y configuración, se realizó siguiendo los pasos indicados. Cabe mencionar que efectivamente no fue necesaria la contratación de una dirección IP pública adicional, ya que el rango asignado para uso de la página web de la empresa aún tiene algunas sin utilizar y permitió tomar una para esta finalidad.

Para el registro de cada uno de los dispositivos clientes, se analizaron las ofertas existentes y la opción más favorable para los costos estimados fue la de adquirir el smartphone separado al plan de minutos y datos como originalmente había sido propuesto. Se compraron veintiséis teléfonos, de los cuales a veinticinco les fue instalada la versión oculta y uno la aplicación Traccar Manager para uso exclusivo del supervisor. Los costos reales en los que se incurrió con la implementación de la propuesta son mostrados en la tabla VII.

Tabla VII. **Costos reales de implementación y mantenimiento de la solución propuesta**

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Smartphone gama media	26	Q575	Q14,950
Total Inversión para implementación			Q14,950
Plan de datos y minutos	26	Q199	Q5,174
Total Inversión para mantenimiento (mensual)			Q5,174

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Implementación del sistema en la cultura organizacional

Tras la obtención de los recursos materiales y su preparación para el correcto funcionamiento de la solución, surgió la necesidad de introducir a los técnicos la nueva forma de control. Para ello se decidió seguir los cinco pasos establecidos por Mellado (2016), para implementar un sistema GPS de forma eficaz en cualquier empresa.

El paso uno consiste en definir los objetivos de la implementación del sistema y compartirlos con el equipo de trabajo. Esta fase es la que define el éxito o fracaso, ya que un objetivo mal comunicado puede ocasionar el rechazo a la solución, alterando el clima organizacional y el desarrollo del estudio. En este sentido el sistema GPS no les fue presentado a los técnicos como un elemento de control de sus funciones causado por su mal desempeño en los últimos meses. Por el contrario, se les hizo ver como uno para mejorar su seguridad en ruta ante cualquier eventualidad. A su vez, como un dispositivo que al utilizarlo puede mejorar la atención al cliente generando recompensas que pueden verse reflejadas en sus ingresos.

Para ello, con apoyo del área de recursos humanos, se organizó una charla demostrativa con los veinticinco técnicos de la región metropolitana en los que se les presentaron tres casos relacionados a los beneficios que otras empresas lograron generar para sus *stakeholders* con la implementación de un sistema GPS (ver anexo 8). Tras presentarles los casos, se procedió a promover un ambiente de puesta en común, en el que los técnicos pudieron opinar al respecto, respondiendo tres preguntas principales:

- ¿Qué pudieron notar antes de la implementación del sistema GPS en el caso?

- ¿Qué pudieron notar después de la implementación del sistema GPS en el caso?
- Conclusión sobre si realmente se obtuvieron beneficios

Posterior a haber obtenido todas las opiniones existentes, se les comunicó sobre esta investigación y su elección como participantes de la misma para validar si es posible implementar el sistema GPS en las rutas regionales y obtener los beneficios que se mencionaron en la puesta en común. De veinticinco técnicos, seis expresaron que no veían útil trabajar con este sistema. Sin embargo, para evaluar de forma integral los resultados obtenidos y proyectarlos hacia la población de técnicos, fueron incluidos de igual forma dentro de la muestra a analizar.

El segundo paso propuesto consiste en crear un sistema de incentivos para favorecer la percepción hacia el sistema GPS a implementar; así como motivar a los técnicos a lograr el correcto desempeño de sus funciones, independientemente de la inclusión de dicha tecnología. Para lograrlo exitosamente, las áreas promotoras de la investigación, en conjunto con el departamento de recursos humanos, llegaron a la conclusión de implementar incentivos basados en bonos sobre el salario mensual para aquellos técnicos con los mejores índices de productividad del mes. Sin embargo, para definir las categorías a evaluar, se decidió esperar al análisis de los resultados que pueden ser monitoreados por medio de la solución propuesta.

El tercer paso que garantiza el éxito de la implementación de un sistema GPS en cualquier empresa consiste en mantenerse informado en todo momento. Es decir, la propuesta debe mostrar alertas sobre todo acontecimiento ocurrido en ruta para cada técnico. Así, como parte de las configuraciones realizadas al servidor, se establecieron las notificaciones web cuando el supervisor se

encuentre monitoreando la plataforma y notificaciones vía correo electrónico para los momentos en los que no pueda mantenerse conectado a la misma. Se configuraron todos los eventos recomendados en el capítulo anterior.

El cuarto paso que recomienda Mellado (2016) consiste en monitorear constantemente las actividades de los técnicos y realizar comparaciones entre mediciones para determinar si los ruterios van mejorando su rendimiento. Para cumplir con ello, se creó un plan de seguimiento con el cual el supervisor monitorea diariamente la productividad individual por técnico evaluando los indicadores establecidos; de manera que a final de mes se pueda calcular el resultado global del desempeño para el grupo de técnicos. Se diseñó un formato de seguimiento que sustituye la bitácora mencionada en el diagnóstico, en el que además de la información registrada anteriormente, se recopilan otros datos adicionales que el sistema GPS es capaz de brindar para cada día de trabajo, según configuración realizada.

El formato propuesto se divide en dos partes principales: seguimiento diario y resumen del seguimiento. En el seguimiento diario, presentado en la figura 29, se busca monitorear las distintas variables que deben ser registradas al finalizar la jornada laboral de cada técnico, cuya información servirá de base para que posteriormente puedan calcularse cada uno de los indicadores propuestos en el periodo estipulado, tanto de forma individual como global; utilizando para ello la parte de resumen del seguimiento.

Figura 29. Formato seguimiento diario del técnico

	MARZO 2017															
	DÍA 30					DÍA 31										
NOMBRE DEL TÉCNICO	Visitas en tiempo	Visitas con dilación	Total de visitas	Paradas fuera de ruta	Tiempo total en visitas	Tiempo total en tramos	Tiempo total laborado	Distancia total recorrida	Visitas en tiempo	Visitas con dilación	Total de visitas	Paradas fuera de ruta	Tiempo total en visitas	Tiempo total en tramos	Tiempo total laborado	Distancia total recorrida
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
Promedio																
Totales																

Fuente: elaboración propia.

El seguimiento diario consiste en cuatro campos principales: nombre del técnico, día, promedio y totales. En el primero, como su nombre lo indica, debe ingresarse los datos de identificación del técnico. Para el caso del campo de día, deben registrarse para cada técnico los valores obtenidos en cada jornada para las variables monitoreadas, las cuales se describen a continuación:

- Visitas en tiempo: se refiere a la cantidad de visitas que el técnico realizó en la jornada, programadas para el mismo día en que fueron completadas. Esta información será obtenida directamente de la boleta de asignación y cierre de cada visita entregadas al supervisor al finalizar la jornada.
- Visitas con dilación: esta variable hace referencia a la cantidad de visitas que el técnico realizó en la jornada, pero que fueron completadas en un día diferente a su programación. Del mismo modo, la información se obtendrá de la boleta de asignación y cierre.
- Total de visitas: consiste en la cantidad total de visitas que el técnico logró completar en su jornada. Esta variable es la suma de las visitas realizadas en tiempo y las visitas realizadas con dilación.
- Paradas fuera de ruta: se refiere a la cantidad de destinos visitados por el técnico durante la jornada, no relacionados con sus labores. Los datos para completar esta casilla podrán ser obtenidos del reporte de paradas de Traccar Server en donde deberán contabilizarse los registros que no correspondan a la programación del día.
- Tiempo total en visitas: consiste en el tiempo asignado de la jornada laboral, el cual fue utilizado por el técnico para atender a los clientes programados. Se calcula sumando los tiempos individuales, los cuales se obtienen del

reporte de paradas de Traccar Server contabilizando únicamente las correspondientes a visitas a clientes.

- Tiempo total en tramos: contrario al anterior, se refiere al tiempo de la jornada laboral utilizado por el técnico para transportarse del domicilio de un cliente a otro. Se obtiene del reporte de viajes de Traccar, sumando los valores individuales.
- Tiempo total laborado: el resultado correspondiente a esta variable se obtiene por medio de la suma del tiempo total en visitas más el tiempo total entre tramos y hace referencia a la duración real de la jornada del técnico, medida en horas.
- Distancia total recorrida: consiste en la distancia total cubierta por un técnico para completar todas las rutas asignadas del día, medida en kilómetros. Este dato lo obtendrá directamente el supervisor por medio del reporte resumen de Traccar Server.

El promedio del día de cada una de las variables anteriores, así como los totales para todo el grupo, son calculados automáticamente en el campo correspondiente ubicado en la parte inferior. De esta forma es posible tener un control del desempeño logrado en cada jornada, de manera que se pueda identificar fácilmente cuál fue el día más y menos productivo del mes.

La parte del formato correspondiente al resumen del seguimiento, se muestra en la figura 30. Como fue mencionado anteriormente, tiene como objetivo llevar un control de los indicadores individuales y globales. Para ello se divide en cinco secciones: nombre del técnico, resumen de información, indicadores individuales, totales e indicadores globales.

Figura 30. Formato resumen del seguimiento del técnico

	MARZO 2017	RESUMEN DE INFORMACIÓN				INDICADORES INDIVIDUALES						
		Total de visitas realizadas en el mes	∑ días de dilación del mes	∑ de los tiempos totales en visitas del mes	Total de visitas realizadas SEMANA 1	Total de visitas realizadas SEMANA 2	Total de visitas realizadas SEMANA 3	Total de visitas realizadas SEMANA 4	Efectividad en las visitas del mes	Días de dilación	Tiempo promedio por visita	
22												
23												
24												
25												
	Totales											
		INDICADORES GLOBALES										
		Efectividad en las visitas realizadas										
		Días de dilación										
		Tiempo promedio por visita										
		Visitas realizadas por técnico Semana 1										
		Visitas realizadas por técnico Semana 2										
		Visitas realizadas por técnico Semana 3										
		Visitas realizadas por técnico Semana 4										

Fuente: elaboración propia.

En la sección de resumen de información se deben de registrar por cada técnico, los totales del mes para las visitas realizadas, los totales de las visitas realizadas en dilación, la sumatoria de los días de dilación y la sumatoria de los tiempos de cada visita realizada. También deberán de registrarse el total de visitas completadas para cada una de las cuatro semanas que conforman el mes. Los valores se obtienen automáticamente, sumando las cantidades individuales registradas en cada día en la parte de seguimiento diario.

La sección de indicadores individuales se encuentra estructurada para que con los datos de la sección de resumen de información, puedan ser calculados dicho rubro de los indicadores para cada técnico. Para ello, deben aplicarse las fórmulas presentadas en el capítulo tres.

Para calcular los indicadores de forma global, es necesario obtener los totales de los valores del mes para el grupo de técnicos. Por este motivo en la sección de totales, se hace la sumatoria correspondiente a cada variable de la sección de resumen de información, para luego aplicar las fórmulas de cada indicador. De este modo se podrá monitorear constantemente y de forma eficaz las actividades de los técnicos, manteniendo un registro histórico detallado que permita realizar comparaciones entre mediciones para determinar si los rúteros van mejorando su rendimiento. Así se podrá cumplir completamente con el cuarto paso de la metodología propuesta por Mellado (2016).

Por último, el quinto paso de la metodología seguida para implementar de manera eficaz un sistema GPS, establece que los resultados obtenidos deben ser comunicados independientemente muestren una tendencia positiva o negativa, de manera que los involucrados puedan realizar las modificaciones en su conducta que sean necesarias para mejorar su productividad. Para tal efecto, se decidió implementar el concepto *lean* de gestión visual y se designó un

espacio en la cartelera del corredor principal en donde se implementó un *dashboard* de resultados, el cual se estableció será actualizado de forma quincenal mostrando los indicadores globales e individuales por técnico; comparando el período de medición anterior, con el actual y la meta propuesta a alcanzar.

4.2. Monitoreo de la solución

Previo a la puesta en marcha de la implementación final, se cercioró que los dispositivos asociados a los técnicos reportaran correctamente su ubicación al servidor y que este registrará los datos. Para ello, se llevó a cabo una prueba piloto de cinco días en la labor para cada técnico, con el objetivo de corroborar el funcionamiento del sistema.

Los cinco días de prueba mostraron que efectivamente tanto la plataforma servidor como las terminales cliente funcionaban en su totalidad. La primera registrando la información adecuada y las segundas reportando su ubicación y demás datos de monitoreo, según la configuración realizada, con una periodicidad de cinco minutos. Este tiempo se determinó ser suficiente para registrar correctamente la información de la cual se alimentarán los indicadores a monitorear: la ruta realizada, la distancia recorrida, la cantidad de paradas, el tiempo por parada y el tiempo total de ruta.

Para la puesta en marcha oficial de la solución y como fecha de inicio para la recolección de información para la elaboración de la línea base, se optó por el primero de mes. Así, la solución se dejó funcionando ininterrumpidamente por tres meses comenzando el uno de marzo, culminando el treinta y uno de mayo. Durante este tiempo se siguieron monitoreando las funciones cliente-servidor

para asegurarse el correcto funcionamiento de la solución. El sistema registró la información adecuadamente y no presentó problema alguno.

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La quinta y última fase de la investigación, consistió en el análisis de la información obtenida durante los primeros tres meses de funcionamiento de la solución implementada. Esto con la finalidad de realizar una comparación entre la situación inicial detectada en el capítulo dos del estudio y el nuevo desempeño tras haberse implementado la solución. Se buscó detectar cualquier mejora obtenida o punto crítico donde es necesario hacer énfasis para garantizar el éxito a largo plazo del sistema GPS y los indicadores propuestos.

5.1. Resultados del monitoreo efectuado en Traccar Server

El monitoreo realizado a través de la plataforma Traccar Server permitió detectar si durante los tres meses los técnicos realizaron paradas fuera de ruta. Los resultados obtenidos son mostrados en la tabla VIII. Como se observa, se detectó que durante el primer mes todos los técnicos realizaron paradas no autorizadas. El técnico número 25 fue quien más hizo con un total de 15; mientras que el que menos hizo correspondió al número 6 con apenas 2 paradas.

Tabla VIII. **Cantidad de paradas fuera de ruta para cada uno de los técnicos**

NO. TÉCNICO	MAR-17	ABR-17	MAY-17
1	8	6	4
2	8	4	3
3	9	7	6
4	7	4	1
5	3	5	4
6	2	2	2
7	8	6	6

8	10	7	5
9	9	7	5
10	7	5	2
11	13	8	5
12	8	5	2
13	8	3	0
14	6	5	5
15	11	6	4
16	9	6	1
17	6	5	3
18	7	8	4
19	3	3	2
20	12	9	5
21	6	5	2
22	8	1	0
23	10	10	8
24	7	4	1
25	15	7	2
TOTAL	200	138	82
PROMEDIO	8.00	5.52	3.28

Fuente: elaboración propia.

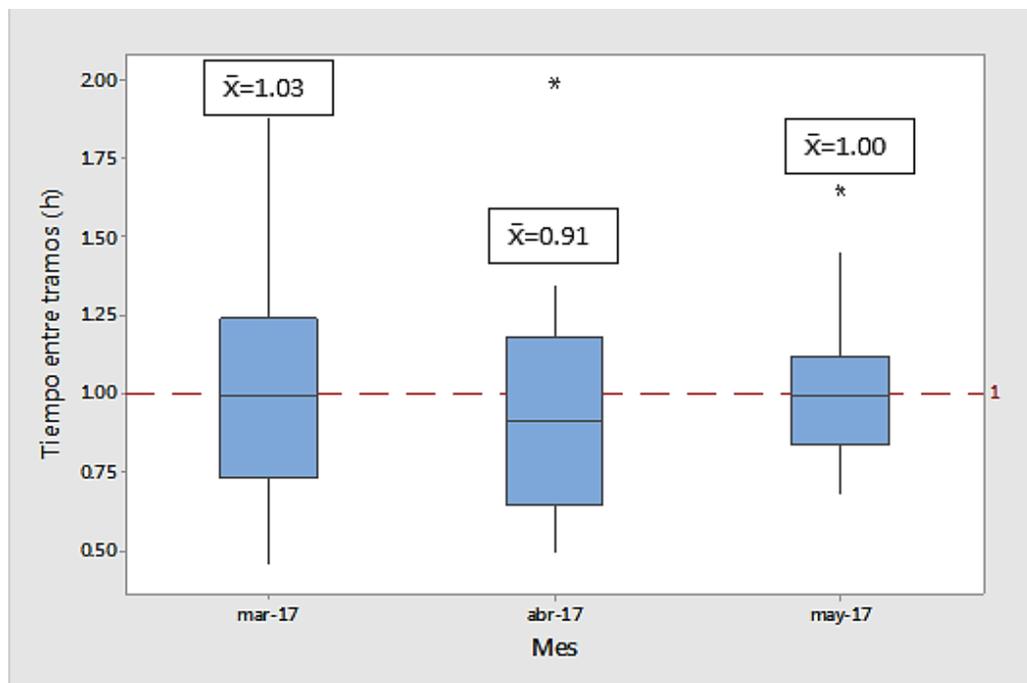
Para el mes de abril estos valores se redujeron, siendo el que más paradas hizo el técnico número 23 con 10 y el que menos hizo el 22 con una sola fuera de ruta. Continuando con el patrón decreciente, durante el tercer mes quien más paradas realizó fue el técnico 23 con 8 y el que menos realizó fueron los técnicos 13 y el 22 nuevamente, quienes no realizaron ninguna parada fuera de programación.

Al analizar los totales de paradas fuera de ruta para cada mes, se observa, como es esperado, un patrón decreciente con el que se determina que las nuevas medidas de control en las que ha incurrido la empresa han causado que los técnicos empiecen a modificar sus malos hábitos en ruta y dejen de visitar lugares no programados durante su jornada laboral. Así mismo, los valores medios para cada mes muestran la misma tendencia, en donde durante el primero cada

técnico se desvió de su ruta en un promedio de 8 ocasiones, en 5.52 durante el segundo y en 3.28 durante el tercero.

Otra variable que pudo ser monitoreada por medio de la plataforma Traccar, fue los tiempos entre tramos; es decir, el intervalo que transcurre en la movilización del técnico entre cada visita. La variabilidad de la distribución para cada uno de los meses es mostrada en la figura 31. Según se observa, los valores individuales se encuentran más dispersos para los meses de marzo y abril, aunque para los tres casos la gran mayoría de los datos se encuentran entre 0.60 y 1.25 horas. De acuerdo al comportamiento presentado y medias calculadas para cada mes, indicadas en dicha figura, es posible afirmar que en promedio el técnico pasa una hora en tráfico entre visitas.

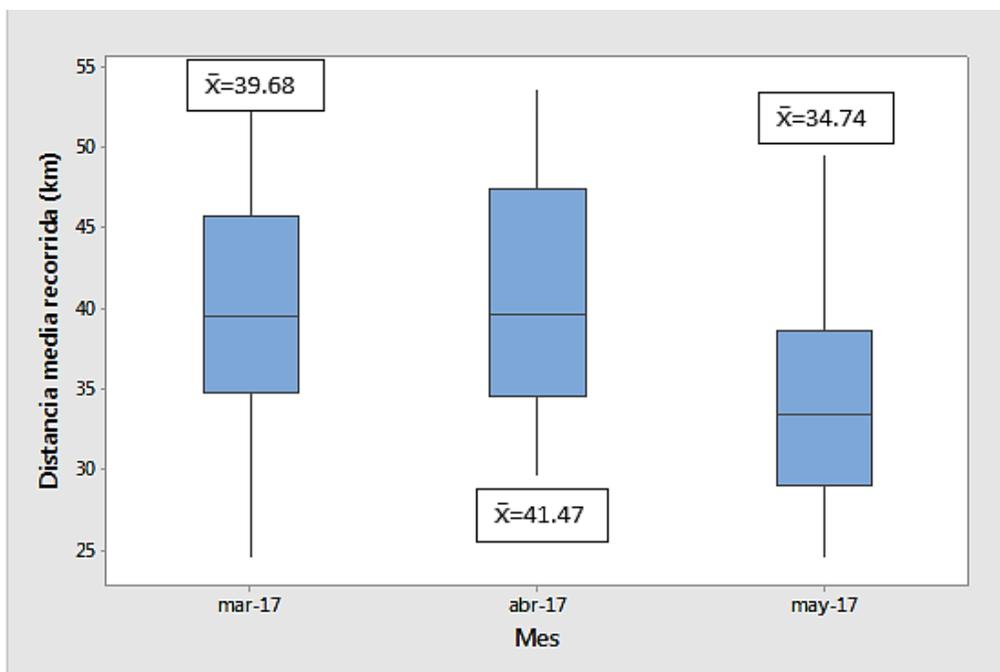
Figura 31. **Variabilidad del tiempo medio entre tramos**



Fuente: elaboración propia.

La tercera variable que fue posible monitorear por medio de la plataforma Traccar Server correspondió a la distancia recorrida por cada técnico durante su jornada laboral. La variabilidad para este valor y su media para cada mes son mostradas en la figura 32. Como se observa, un técnico por lo general recorre entre 27 y 47 kilómetros por ruta para visitar cada uno de los clientes asignados. El mes en el que se tuvo un menor kilometraje correspondió a mayo. Los valores respectivos a la distancia promedio para cada mes son lógicos tomando en consideración que los técnicos deben visitar todos los municipios que conforman la región metropolitana.

Figura 32. **Variabilidad de la distancia media recorrida por ruta**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Resultados del indicador efectividad en las visitas realizadas

Como se observa en la tabla IX, cinco de los veinticinco técnicos, marcados en color gris, mantuvieron una tendencia creciente para la efectividad individual

en las visitas durante los primeros tres meses de funcionamiento de la solución. Lo que significa que durante este tiempo, dicho grupo cubrió una gran totalidad de las rutas, según su programación. Por otro lado, siete técnicos mostraron una tendencia a la baja. Es decir que para estos casos, luego del primer mes, aumentaron las visitas atendidas en dilación. Será necesario abordar uno por uno para registrar a qué se debió este comportamiento y realizar los ajustes que sean necesarios.

Tabla IX. **Mejores y peores resultados para el indicador efectividad individual en las visitas realizadas**

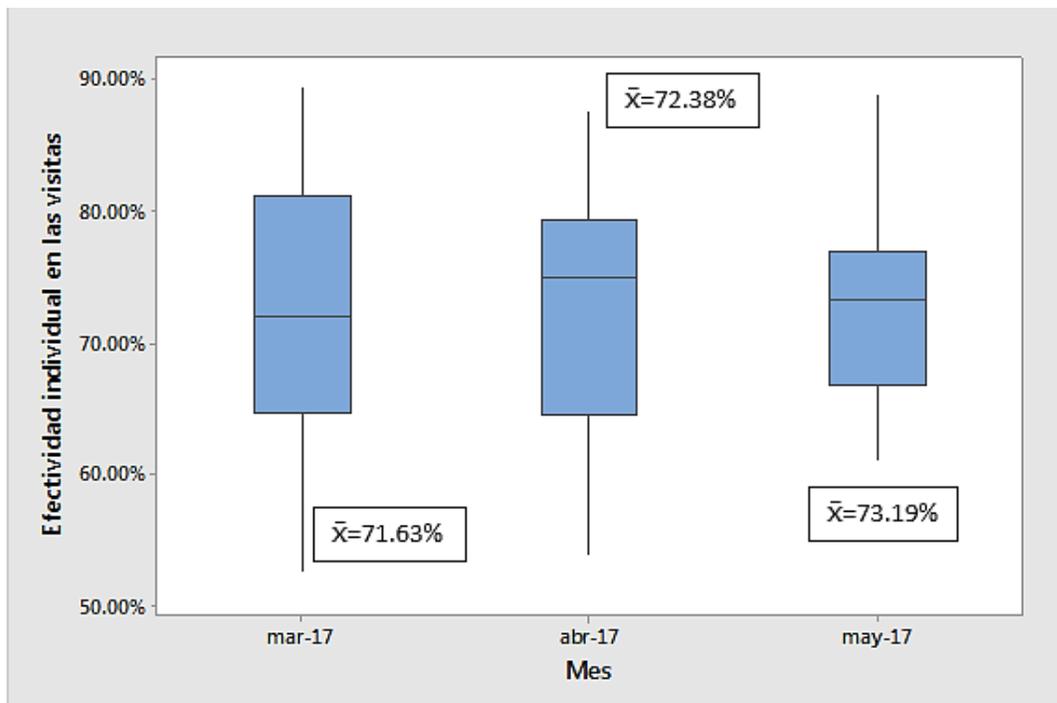
NO. TÉCNICO	MAR-17	ABR-17	MAY-17
1	68.2%	69.2%	70.0%
2	66.7%	66.7%	75.0%
4	89.5%	83.3%	70.0%
6	81.0%	80.0%	70.0%
8	63.2%	81.3%	84.2%
9	53.8%	61.5%	88.9%
12	83.3%	78.6%	63.2%
13	72.7%	75.0%	84.2%
16	85.7%	76.9%	66.7%
18	66.7%	64.3%	61.9%
20	83.3%	75.0%	72.2%
21	82.4%	75.0%	66.7%

Fuente: elaboración propia.

Para el resto de casos, la tendencia individual mostró altos y bajos durante estos meses. La variabilidad de la información es mostrada en la figura 33. Según se observa, la dispersión de las efectividades se fue reduciendo en cada mes, significando que los técnicos fueron mejorando el indicador de forma global como se mostrará más adelante. Del mismo modo, el promedio de la efectividad individual para cada mes también es indicado. Como se nota, existe una

tendencia creciente en donde se tiene una diferencia de 1.56 % entre el primer y último mes.

Figura 33. **Variabilidad en la efectividad individual en las visitas realizadas**



Fuente: elaboración propia.

Los resultados correspondientes a la medición del indicador de forma global se muestran en la tabla X. Se tiene un comportamiento creciente en el que para el segundo mes de funcionamiento existe un aumento de 0.53 % con respecto al primero; mientras que para el tercer mes 0.62 % con respecto al segundo. El crecimiento general logrado para este indicador, desde el inicio al final de la medición, fue de 1.15 %. Como se mencionó con anterioridad, efectivamente existe una mejora global, significando que se han disminuido la cantidad de visitas atendidas con días de dilación.

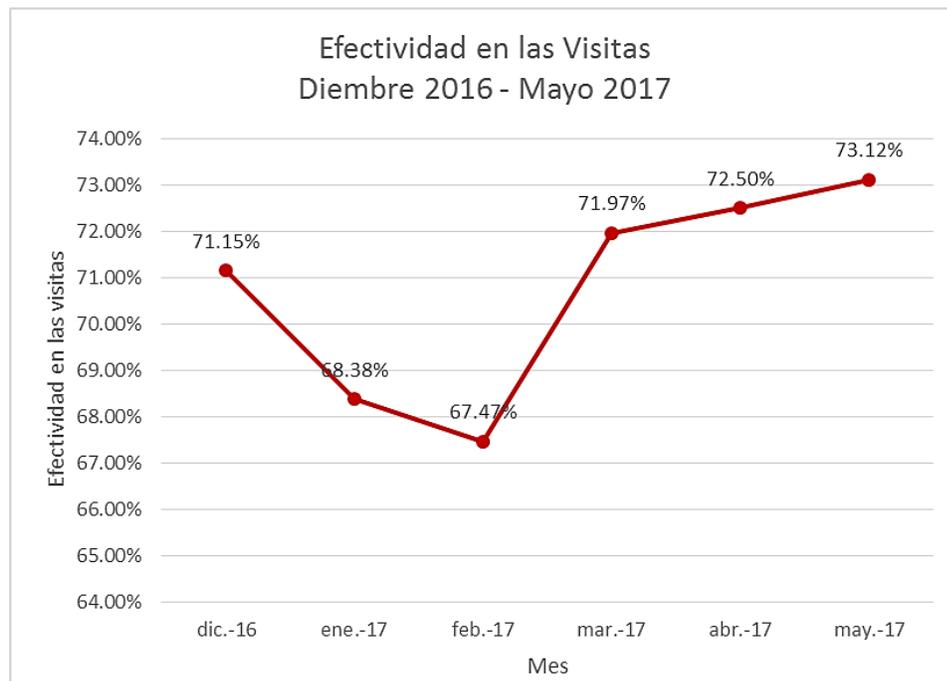
Tabla X. **Efectividad global en las visitas realizadas**

INDICADOR EFECTIVIDAD EN LAS VISITAS	
mar-17	71.97%
abr-17	72.50%
may-17	73.12%

Fuente: elaboración propia.

La figura 34 muestra los datos de efectividad global para los últimos seis meses. Como es posible observar, antes de implementar la solución dicho indicador mostraba un comportamiento decreciente, significando que a partir de enero las rutas cubiertas en dilación empezaron a aumentar. Con el primer mes de funcionamiento de la propuesta, dicho indicador fue mejorado en un 4.5 %, mostrando a partir de este momento un comportamiento creciente que se espera se mantenga para los próximos meses.

Figura 34. **Efectividad en las visitas para los últimos seis meses**

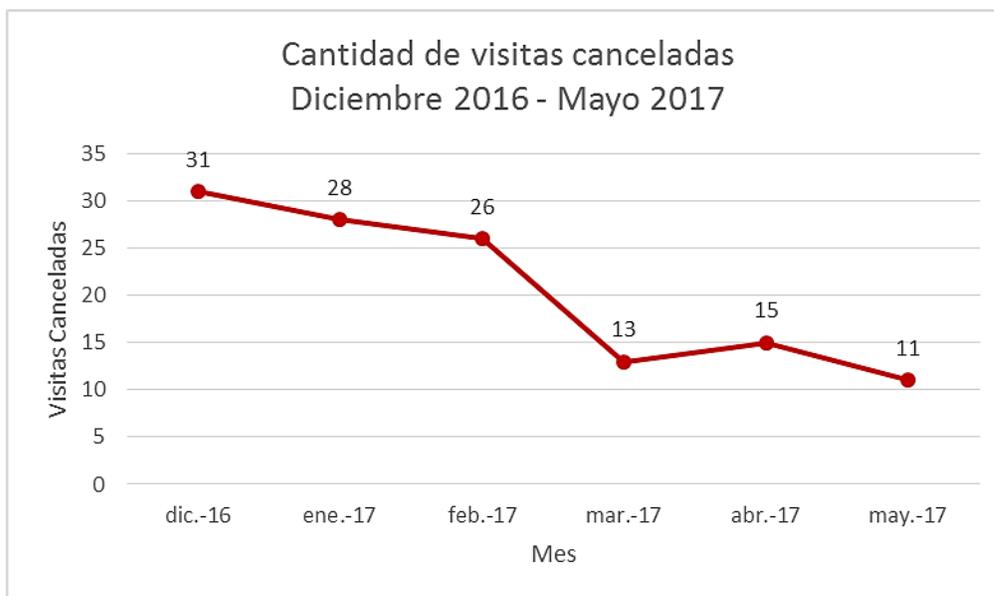


Fuente: elaboración propia.

5.3. Resultados en las visitas canceladas en dilación

Según se muestra en la figura 35, la cantidad de visitas canceladas en dilación para los últimos seis meses muestra una tendencia a la baja. La implementación de la solución permitió que el valor disminuyera en un 50 % para el primer mes de funcionamiento. Según se observa, el valor de cancelación mantuvo un comportamiento estable para los tres meses monitoreados, esperando que para junio se mantenga o siga disminuyendo.

Figura 35. **Visitas canceladas en dilación para los últimos seis meses**



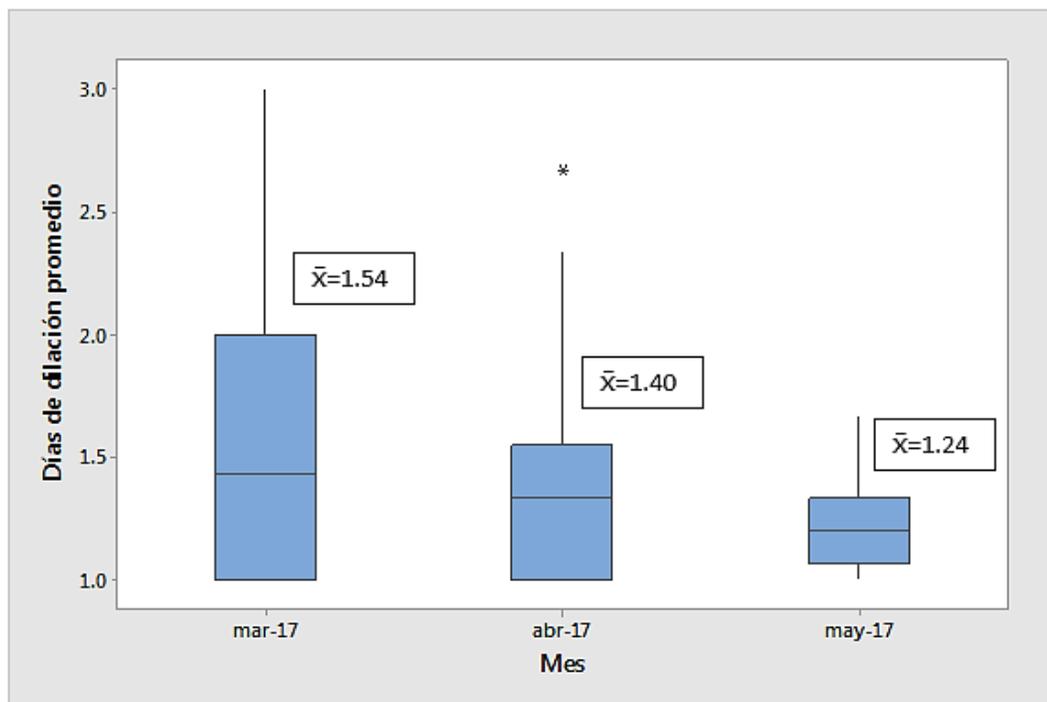
Fuente: elaboración propia.

Se observa que en abril ocurrió mayor cancelación para estos tres últimos meses, lo que es lógico puesto que en su segunda semana se dio el descanso de Semana Santa, con el que muchas personas no pueden atender a los técnicos. Por otro lado, mayo fue el mes que presentó la menor cantidad de cancelaciones en dilación.

5.4. Resultados del indicador días de dilación

La figura 36 muestra la variabilidad correspondiente a la distribución del indicador individual días de dilación durante los tres meses. Como es posible notar, los datos contenidos en la misma tienen como valor mínimo 1 día y como valor máximo 3 días. Lo que quiere decir que durante los primeros tres meses no hubo visita alguna que no fuera atendida sin dilación.

Figura 36. Variabilidad del indicador individual días de dilación



Fuente: elaboración propia.

El promedio de este indicador individual para cada mes también se muestra en la figura 36 y presenta un comportamiento decreciente como es deseado; lo que significa que para el segundo y tercer mes de funcionamiento de la solución, cada técnico fue reduciendo la cantidad de días de retraso para las visitas con

dilación con respecto al mes anterior. Esto lo corrobora la reducción de variabilidad entre los datos para cada mes.

La tabla XI presenta los resultados del indicador individual días de dilación para los tres meses de monitoreo. Con los valores presentados fue posible determinar que los técnicos con menos retraso promedio para este período correspondieron a los números 2, 10 y 22 con 1.08 días. Como muestra la tabla, presentaron un resultado de 1.00 día de retraso para marzo y abril, y 1.25 días para mayo. Es importante mencionar que el técnico número 2 fue uno de los cinco que presentó una tendencia creciente para el indicador efectividad de las visitas, según fue mostrado en la tabla IX.

Tabla XI. Indicador individual días de dilación

NO. TÉCNICO	MAR-17	ABR-17	MAY-17	PROMEDIO
1	1.43	1.50	1.00	1.31
2	1.00	1.00	1.25	1.08
3	1.86	1.33	1.33	1.51
4	1.00	1.00	1.33	1.11
5	1.00	1.33	1.25	1.19
6	1.00	1.67	1.33	1.33
7	1.14	2.00	1.00	1.38
8	1.29	1.50	1.00	1.26
9	1.67	1.00	1.50	1.39
10	1.00	1.00	1.25	1.08
11	1.67	1.50	1.00	1.39
12	2.00	1.33	1.43	1.59
13	2.33	1.00	1.67	1.67
14	1.00	1.67	1.00	1.22
15	1.00	1.40	1.20	1.20
16	1.00	1.33	1.17	1.17
17	1.33	1.00	1.14	1.16

18	2.00	1.60	1.13	1.58
19	2.00	2.33	1.14	1.83
20	2.00	2.67	1.20	1.96
21	3.00	1.00	1.00	1.67
22	1.00	1.00	1.25	1.08
23	2.50	1.00	1.17	1.56
24	1.75	1.40	1.50	1.55
25	1.50	1.33	1.67	1.50

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se encontró que el técnico con mayor retraso promedio correspondió al número 20, con 1.96 días y una cantidad de días de dilación de 2.00, 2.67 y 1.20 para cada mes respectivamente. Como era de esperarse, este técnico presentó una tendencia a la baja en el indicador efectividad de las visitas (ver nuevamente tabla IX).

En la tabla XII, se muestran los resultados globales de este indicador. Se encuentra que los mismos son muy cercanos al promedio individual de cada mes, aunque su valor es menor. Asimismo, poseen una tendencia a la baja, lo cual es positivo para explicar la cobertura de las rutas en dilación durante estos meses, en donde los tiempos medios de retraso para la región metropolitana fueron disminuidos, acercándose a un día.

Tabla XII. **Indicador global días de dilación**

MES	DÍAS DE DILACIÓN
mar-17	1.48
abr-17	1.38
may-17	1.21

Fuente: elaboración propia.

5.5. Resultados del indicador tiempo promedio por visita

Los resultados individuales correspondientes al indicador tiempo promedio por visita se muestran en la tabla XIII. De acuerdo a la misma, el promedio de atención más alto para el periodo monitoreado fue de 3.98 horas, correspondiente al técnico número 24 en el mes de marzo. Por el contrario, el promedio de atención más bajo fue de 0.87 horas para el técnico 22 en el mes de abril. Debido a la gran diferencia existente entre ambos valores, deberá ser necesario indagar sobre los trabajos realizados en dicho mes para ambos casos, con el objetivo de determinar si efectivamente el técnico 24 llevó a cabo labores más complicadas que ocasionaron el incremento de este indicador.

Tabla XIII. **Indicador individual tiempo promedio por visita**

NO. TÉCNICO	MAR-17	ABR-17	MAY-17	PROMEDIO
1	1.67	2.23	1.68	1.86
2	2.99	3.37	1.91	2.76
3	1.29	1.68	1.24	1.40
4	2.56	1.79	0.93	1.76
5	1.51	2.67	2.38	2.19
6	2.02	1.66	1.92	1.87
7	2.52	1.81	1.80	2.04
8	1.13	2.03	1.30	1.49
9	1.12	1.65	1.83	1.53
10	1.20	1.97	1.64	1.61
11	0.90	1.06	1.29	1.08
12	2.87	1.34	1.12	1.78
13	3.08	2.81	1.82	2.57
14	3.44	1.66	1.84	2.32
15	2.04	1.22	1.30	1.52
16	1.22	2.53	1.49	1.75
17	1.04	1.71	1.07	1.27
18	1.40	3.28	0.92	1.86
19	2.81	1.58	1.88	2.09

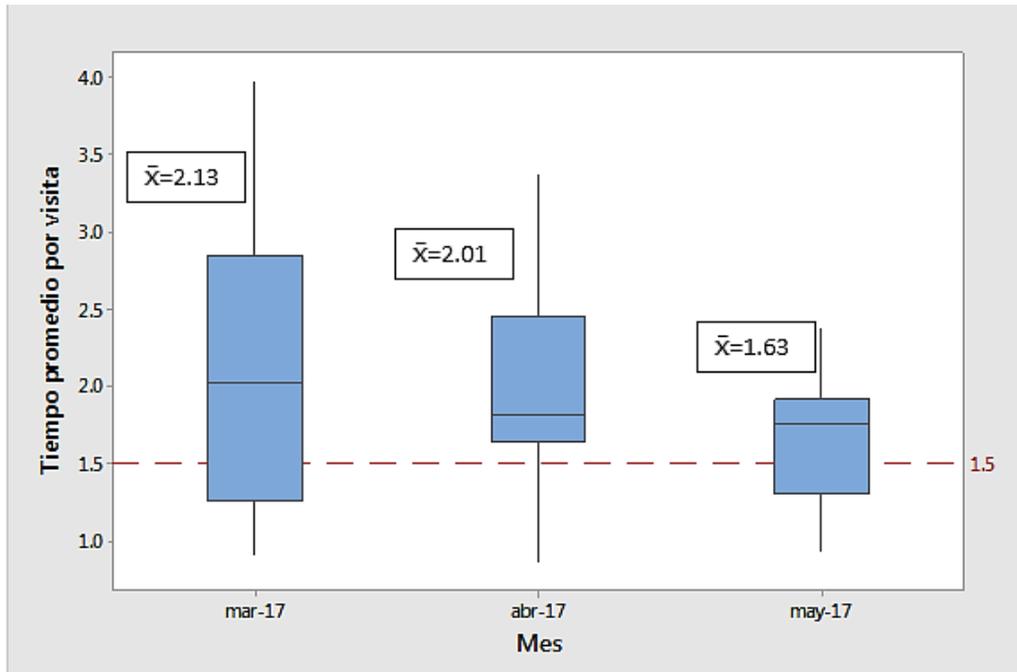
20	1.86	2.39	1.57	1.94
21	3.27	1.62	1.75	2.21
22	1.99	0.87	1.95	1.60
23	2.64	2.17	1.93	2.24
24	3.98	3.21	2.14	3.11
25	2.83	2.02	2.17	2.34

Fuente: elaboración propia.

Para determinar quiénes fueron los técnicos que tuvieron el mejor y peor tiempo promedio por visita del periodo monitoreado, se procedió a calcular la media del conjunto de los tres meses para cada técnico. El peor tiempo fue para el técnico 24 con 3.11 horas y el mejor para el número 11 con 1.08 horas

La variabilidad del indicador individual junto con el valor medio de cada mes es mostrada en la figura 37. Se observa que los datos reducen su dispersión conforme al mes anterior y tienden a disminuir, lo que significa que los tiempos promedios de atención para cada cliente han sido menores y los trabajos han sido realizados de manera más eficiente. Esto es corroborado al analizar el valor medio para cada mes, en donde se presenta un comportamiento decreciente.

Figura 37. **Variabilidad del indicador individual tiempo promedio por visita**



Fuente: elaboración propia.

Lo anterior es confirmado al obtener los valores globales del indicador, mostrados en la tabla XIV, de donde se obtiene una reducción promedio total de 0.46 horas en los trabajos realizados de la región metropolitana para los primeros 3 meses de operación. Es decir, la solución ha permitido reducir los tiempos promedios de visitas en 28 minutos aproximadamente; con lo que se da un acercamiento al valor deseado de 1.5 horas máximas por visita.

Tabla XIV. **Indicador global tiempo promedio por visita**

MES	TIEMPO PROMEDIO POR VISITA
mar-17	2.08
abr-17	1.99
may-17	1.62

Fuente: elaboración propia.

5.6. Resultados del indicador visitas realizadas por técnico

La fórmula del indicador visitas realizadas por técnico permite que únicamente pueda ser calculado de forma global. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla XV. Según se observa, la semana en la que los técnicos fueron más productivos correspondió a la segunda del mes de mayo, en donde cada técnico trabajó en promedio 4.92 visitas. Por el contrario, la semana más improductiva correspondió a la cuarta del mes de abril en donde en promedio cada técnico llevó a cabo únicamente 3.32 visitas.

Tabla XV. **Indicador visitas realizadas por técnico**

	MAR-17	ABR-17	MAY-17
Semana 1	4.72	3.84	4.84
Semana 2	4.12	3.52	4.92
Semana 3	4.04	3.72	4.48
Semana 4	3.96	3.32	4.36
Mes	16.84	14.4	18.6

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al resultado total de visitas por técnico para cada mes, se estableció que el más productivo correspondió a mayo, en donde cada uno de los técnicos realizó en promedio 18.6 visitas. Por otro lado, el mes menos productivo correspondió a abril en donde únicamente fueron realizadas 14.4 visitas por técnico. Esto es lógico, ya que en este mes fueron realizadas en total 360 visitas, 61 menos que el primer mes y 105 menos que el tercero.

La figura 38 muestra el promedio de visitas realizadas por técnico para los últimos seis meses. Según puede notarse, de diciembre 2016 a febrero 2017, el indicador presentó una tendencia a la baja, incrementándose nuevamente para el mes de marzo en el que la solución propuesta fue implementada. Debido a que

se espera que los técnicos sean más productivos en la cantidad de visitas realizadas por mes, el comportamiento deseado para el indicador en los próximos meses debería ser más estable.

Figura 38. **Promedio de visitas realizadas por técnico para los últimos seis meses**



Fuente: elaboración propia.

Si se desea consultar un desglose de las visitas realizadas por cada técnico en cada semana de los primeros tres meses de funcionamiento de la solución, se sugiere ver el anexo 9.

5.7. **Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos permiten afirmar que los objetivos planteados para la elaboración de esta investigación fueron alcanzados en su totalidad. El sistema GPS y los indicadores de desempeño propuestos permitieron lograr mejoras

significativas para el beneficio de la empresa, confirmando el éxito de su implementación; tal y como lo muestra la matriz de consistencia de sistematización de la investigación mostrada en el anexo 10.

5.7.1. Análisis interno

Anteriormente, la tecnología que se tenía a disposición de la empresa no era aprovechada como un medio capaz de facilitar el monitoreo en ruta. Si bien se tenía una bitácora digital, la misma no permitía evaluar fácilmente el indicador existente. Con el uso del nuevo formato, la actualización diaria de dicho indicador y los demás implementados se realiza de forma más sencilla. Únicamente se debe ingresar los datos reportados por cada técnico e inmediatamente se tendrá el resultado tanto global como individual.

Por otro lado, los técnicos quienes ahora tienen un teléfono y su respectivo plan de datos y minutos asignado por parte de la empresa, no sólo tienen la capacidad de estar mejor comunicados en ruta para reportar cualquier eventualidad; sino que su monitoreo en tiempo real, a través de la plataforma Traccar Server les brinda una mayor seguridad. Para la empresa, conocer el lugar exacto en el que se encuentra un técnico es vital para velar por el cumplimiento exitoso de la programación del día. Ahora ha surgido la opción de cubrir las rutas bajo el concepto de relevos; en donde si se detecta que si a un técnico se le ha dificultado la labor con un cliente o se encuentra varado en el tráfico, es posible asignar a uno que se encuentre libre brindarle ayuda o bien cubrir las visitas faltantes, incrementando así la calidad del servicio y la optimización del recurso humano existente.

De acuerdo a la opinión de los supervisores y técnicos, el indicador efectividad en las visitas realizadas tiene un mejor sentido ahora que es

expresado en forma de porcentaje, en donde mes a mes lo que se busca que dicho número se encuentre lo más cercano a cien para que las labores sean desarrolladas según lo esperado. Para el supervisor, darle énfasis a la medición individual de los indicadores facilita realizar el acompañamiento correspondiente a los técnicos que no alcancen el desempeño esperado.

Con la elaboración del diagnóstico presentado en el capítulo dos fue posible estimar que con la solución planteada se podría disminuir las visitas atendidas en dilación y por ende, las canceladas; así como otros rubros asociados. En tres meses de operación, aumentó en 1.15 % la efectividad en las visitas realizadas. Es decir que hubo una reducción en la cantidad de aquellas cubiertas con retraso. En relación a ello, los días de dilación disminuyeron a 1.21 en promedio. Del mismo modo, el tiempo medio por visita se redujo de 2.08 a 1.62 horas; con lo que se acerca a la meta propuesta de atender a los clientes en 1.5 horas en promedio. En el último mes analizado para esta investigación, cada técnico mejoró su productividad individual para completar en promedio 18.6 visitas.

Con las mejoras obtenidas, es factible afirmar que el sistema GPS fue bien aceptado dentro de la cultura de trabajo de la empresa. Esto se debió a la metodología de implementación seguida, la cual se basó en la teoría propuesta por Mellado (2016) que fue explicada en el capítulo cuatro. El *dashboard* de seguimiento mencionado fue puesto en marcha con éxito, dado que es visible para los veinticinco técnicos que conforman la muestra analizada, quienes se mostraron motivados a mejorar su desempeño y destacar dentro de los mejores resultados de cada quincena; inclusive los seis técnicos que inicialmente mostraron una negativa a su implementación. Casualmente uno de ellos, identificado por el número 13, resultó sobresalir por haber mostrado un comportamiento creciente para el indicador efectividad de las visitas realizadas como lo muestra la tabla IX.

Otro de los factores que contribuyó a la aceptación total de la nueva forma de monitoreo en ruta, fueron los bonos de productividad propuestos con apoyo del departamento de recursos humanos. Se estipularon tres categorías correspondientes a los indicadores que pueden ser medidos de forma individual: efectividad en las visitas realizadas, días de dilación y tiempo promedio por visita. A los técnicos con los mejores resultados del mes se les premió con Q.200 sobre su salario nominal. Durante estos primeros tres meses de funcionamiento de la solución para ningún rubro existió una repetición de técnico, siendo esto positivo puesto que todos tienen la misma probabilidad de ser reconocidos mensualmente, lo que los mantendrá motivados en un mediano plazo. Para los casos en los que pudiera haber existido un empate, se realizó un sorteo entre los mejores para determinar quién debía obtener dicho bono.

Se considera que los indicadores propuestos son los que mejor se adaptan a la información que desea ser recabada por la empresa; ya que como parte de la aprobación de la solución, éstos debieron ser presentados a los miembros de la junta directiva, a quienes se les explicó el objetivo que se deseaba lograr con cada uno de ellos y hacia qué mejora se encontraban dirigidos. La limitación que podrían presentar consiste en que su interpretación se enfoca al comportamiento general de la muestra, el área técnica de la región metropolitana, y no al de cada miembro que la conforma. Por este motivo se creó la versión global e individual de cada uno. Sin embargo, algunos resultados hacen referencia a un promedio, lo que en ocasiones puede no describir de forma adecuada el comportamiento de la productividad, ya que los datos individuales en algunas ocasiones estarían muy dispersos. Por tal motivo, como parte de su obtención mensual, será necesario mantener un control de la variabilidad de los mismos, utilizando las herramientas estadísticas adecuadas. Se sugiere la aplicación de los diagramas de cajas como los que fueron utilizados para esta investigación. Cuando se

encuentre una gran variabilidad en los datos, el promedio podría no explicar de manera eficaz el comportamiento del indicador para el mes analizado.

En cuestiones de costos asociados no se hizo énfasis en las mejoras debido a que los vehículos que se utilizan por lo general son propios de cada técnico, y como se verificó en el diagnóstico del capítulo dos, se encuentran inmersos dentro de un rubro fijo del salario mensual de cada uno por concepto de gasolina y depreciación. Para que a futuro se pueda incurrir en una reducción de costos asociados a estos rubros, se sugiere aprovechar la información que es posible extraer de los reportes generados por Traccar y en base a la distancia mensual recorrida en la cobertura de las rutas asignadas, se debe crear un factor de conversión que permita monetizar adecuadamente el valor a pagar por concepto de kilometraje; siempre y cuando no se hayan visitado destinos fuera de ruta.

5.7.2. Análisis externo

La aplicación de la metodología propuesta por Mellado (2016) permitió obtener resultados similares que el estudio realizado por Francisco Díaz (2002). Este autor siguió la misma y de igual forma su investigación y la implementación del sistema GPS resultó ser exitosa.

Al analizar los reportes generados por medio de Traccar, se estableció que durante el primer mes aún había técnicos que realizaron paradas que no coincidían con su ruta programada. Sin embargo, esta cantidad disminuyó para los dos meses posteriores. Como se mostró en la sección correspondiente, las paradas no autorizadas fueron disminuidas un total de 59 % durante el periodo monitoreado, de 200 a 82 mensuales. Este comportamiento se asemeja a los resultados del estudio de Jhon Muñoz (2013), quien en seis meses de operación para su sistema GPS propuesto, logró su reducción en un 96 %. Los siguientes

tres meses serán críticos para poder determinar si este porcentaje podrá ser superado en la empresa estudiada.

Es posible afirmar que esta investigación contribuyó a demostrar que los beneficios de un sistema GPS pueden ser obtenidos sin importar el tamaño de la empresa en donde sea implementado. Ya Ralfo Herrera (2011) había demostrado los beneficios para una flota compuesta por 15 unidades; en esta investigación esta cantidad fue expandida a 25. La aplicación de la metodología expuesta es válida para cualquier organización, sin importar si es pequeña, mediana o grande, y el tamaño de la flota de vehículos. Lo importante es comunicarlo de manera efectiva a todos los miembros cuyas labores serán afectadas con el nuevo sistema y mantenerlos motivados para su aceptación. Ralfo Herrera hizo énfasis en las reducciones de velocidad. Sin embargo, para esta investigación no fueron tomadas en cuenta por la misma razón que los vehículos son propios de cada técnico. Con el objetivo de incrementar la seguridad en ruta, podría obtenerse un histórico de velocidad para cada viaje (el cual puede ser generado por Traccar fácilmente) para limitarla y agregarla como parte de las alertas que es posible monitorear a través de la plataforma del gestor; de manera que sea posible solicitarle al técnico que por su integridad física disminuya su velocidad cuando sea necesario.

CONCLUSIONES

1. Como parte del diagnóstico elaborado, se determinó como principal fortaleza que la empresa ya contaba con un indicador que le permitía monitorear de forma básica la productividad de los técnicos. Dentro de las debilidades encontradas, se estableció que a pesar de tener información detallada desglosada por cada técnico, al realizar el análisis correspondiente únicamente se le daba énfasis al resultado de forma global y no se profundizaba en el comportamiento individual para detectar problemas específicos en la productividad del factor mano de obra. Adicional, como consecuencia de la ausencia del uso de la tecnología en dicho control, se desconocían las acciones llevadas por el técnico directamente en ruta. Éste podía reportar estar atendiendo a un cliente, sin tener la certeza que realmente estuviera cubriendo la visita.
2. Para mejorar la productividad de los técnicos en la cobertura de rutas, se planteó como sistema GPS más apropiado para abordar las necesidades detectadas el software cliente-servidor Traccar. Su elección sobre las demás opciones existentes se basó en cuatro criterios principales: inversión a realizar, funcionalidad, información desplegada y facilidad de implementación. Adicional, cumple con las funciones básicas de todo gestor GPS permitiendo el rastreo en vivo, la programación de alertas y la generación de reportes. Debido al presupuesto limitado con el que se cuenta, que sea *open source* es fundamental para el ahorro de costos de implementación y mantenimiento.

3. Se establecieron cuatro indicadores de desempeño clave. Uno basado en el ya existente y tres adicionales. Estos son: efectividad en las visitas realizadas, para verificar qué porcentaje son cubiertas con y sin dilación; días de dilación, para llevar un control sobre la cantidad de días de retraso en la programación; tiempo promedio por visita; para determinar el lapso que pasan los técnicos en el domicilio de los clientes; y visitas realizadas por técnico, para determinar cuántas asignaciones es capaz de cubrir un técnico en el período de medición.
4. El nuevo modelo de monitoreo fue integrado correctamente en la función de los técnicos ruteros aplicando los cinco pasos de la metodología propuesta por el autor Mellado. Para ello, el sistema les fue presentado a los técnicos como un elemento de seguridad en ruta, se creó un sistema de incentivos por productividad, se determinaron los eventos específicos a monitorear, se mejoró el plan de seguimiento diario ya existente a la productividad de cada técnico y se creó un *dashboard* para dar a conocer los resultados logrados.
5. Con la implementación del sistema GPS y los indicadores de desempeño, se logró reducir en 1.15 % las visitas cubiertas en dilación. Del mismo modo, la cantidad de visitas canceladas con retraso en su programación disminuyeron en 50 %. Los días de dilación bajaron de 1.48 a 1.21; mientras que el tiempo promedio por visita pasó a ser de 2.08 a 1.61 horas, acercándose a la meta de atender a los clientes en 1.5. Durante el último mes de monitoreo para esta investigación, la productividad promedio de los técnicos aumentó a 18.6 visitas.
6. La implementación del sistema GPS y los indicadores de desempeño fue realizada exitosamente para la empresa de servicios informáticos y de

telecomunicaciones. Como lo mostraron los resultados obtenidos, la productividad de los técnicos fue incrementada, quienes ahora se enfocan más en completar la programación de su jornada; realizando al mes en promedio únicamente 3 paradas fuera de ruta, reduciéndolas en un 59 %. El aumento en la competitividad se vio reflejado en una mejor atención, en donde el 73 % las solicitudes de servicio son atendidas en el día en el que se indica que se estará realizando la visita; reduciendo que clientes potenciales opten por otra empresa del mercado por ineficiencias en la cobertura de su requerimiento.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la empresa siga manteniendo un control de la productividad desglosada por cada técnico, la cual debe seguir siendo registrada en un documento accesible para su posterior análisis. El indicador ya existente debe ser analizado, tanto de forma individual como global, definiendo una periodicidad para su medición.
2. Una vez se verifique que el sistema GPS propuesto con su configuración básica se adapta a las necesidades de monitoreo de la empresa, es recomendable que para extender su funcionalidad se adquiera un servicio en la nube, para obtener características adicionales como la geolocalización inversa en los reportes generados y las alertas por medio de *SMS* que pueden ser vitales para un mejor control en ruta.
3. Para garantizar el éxito de los cuatro indicadores establecidos, es necesario mantener un control de su medición, tanto de forma global como individual, con el fin que la productividad pueda estar completamente monitoreada. Adicional, para detectar puntos de mejora específicos, es necesario analizar la variabilidad del comportamiento del indicador a nivel individual, con el fin de detectar qué técnicos son los que están causando una desviación del resultado global.
4. A toda empresa que desee implementar un sistema similar, se le recomienda seguir de igual forma la metodología propuesta por Mellado (2016), aplicando la tropicalización a la situación propia y recursos con los que se cuentan. Con la elaboración del estudio se demostró que si la

misma es seguida adecuadamente, el sistema puede ser integrado con éxito en las labores en ruta.

5. Para asegurar que los resultados obtenidos se mantengan y puedan ser mejorados durante los próximos meses, es necesario que la empresa monitoree constantemente los indicadores implementados, así como las alertas que Traccar es capaz de brindar; de manera que si se detecta una caída en los mismos, puedan tomarse de forma oportuna las acciones preventivas y correctivas que sean necesarias.
6. A todos los investigadores cuyo tema de estudio sea parecido al abordado en este trabajo de graduación, se les recomienda consultarlo como parte de la determinación del estado del arte; esto debido a que los objetivos planteados fueron alcanzados en su totalidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alegsa, L. (2016). *Definición de informática*. [en línea]. http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema_informatico.php. Consultado el 12 de diciembre de 2016.
2. Álvarez, C. (2012). *Productividad y desarrollo*. Sonora, México. Editorial Cuerpo Académico. [en línea]. http://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/productividad_y_desarrollo.pdf. Consultado el 23 de noviembre de 2016.
3. Anzil, F. (2007). *La industria de software y servicios informáticos*. [en línea]. <http://www.econlink.com.ar/cluster-software/industria>. Consultado el 22 de diciembre de 2016.
4. Ardán, M. (2004). *Posibles estrategias para la mejora de la competitividad de las empresas*. [en línea]. <http://www.ardan.es/ardan/infoeco/extremadura2004/4.pdf>. Consultado el 23 de diciembre de 2016.
5. Ávalos, F. (2009). *Factores determinantes de la competitividad empresarial*. [en línea]. <http://www3.upc.edu.pe/bolsongei/bol/29/621/Avalos-CompetitividadEmpresarial.pdf>. Consultado el 10 de diciembre de 2016.

6. Banco Interamericano del Desarrollo, BID. (2015). *Gestión de desarrollo de proyectos*.
7. Belcher, J. (1991). *Productividad total: cómo ganar ventaja competitiva aprovechando sus propios recursos*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica, S. A.
8. Blanco, L. (1999). *Productividad: factor estratégico de competitividad a nivel global*. Colombia: Editorial Colombiana de Ingeniería.
9. Bravo, J. (2014). *Productividad basada en la gestión de procesos*. Santiago de Chile, Chile; Editorial Evolución, S. A.
10. Cámara de Comercio de España, CCE. (2014). *La competitividad*. [en línea]. <http://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-ser-competitivo>. Consultado el 28 de diciembre de 2016.
11. Cámara de Comercio de Medellín para Antioquía. (2010). *Hablemos de buenas prácticas empresariales*. [en línea]. <http://www.camaramedellin.com.co/site/Servicios-Empresariales/Charlas-Camara/Hablemos-de-Buenas-Practicas.aspx>. Consultado el 18 de agosto de 2016.
12. Calva, E. (2008). *El uso del GPS en las empresas produce aumento de productividad de los empleados*. [en línea]. <https://www.entrepreneur.com/article/260736>. Consultado el 10 de diciembre de 2016.

13. Centro de Difusión Tecnológica, CEDITE. (2006). *Sistema de posicionamiento global aplicado a PYME y empresas de economía social*. Madrid: Fondo Social Europeo.
14. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2009). *Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño*. Costa Rica: Ministerio de Hacienda, Costa Rica. [en línea].
http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/38459/indicadores_costa_rica_febrero_2010-cepal.pdf. Consultado el 19 de agosto de 2016.
15. Céspedes, N. (2016). *Productividad: medición, determinantes e implicancias*. Perú, Universidad del Pacífico. [en línea].
<http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1083/C%C3%A9spedesNikita2016.pdf?sequence=4>. Consultado el 23 de noviembre de 2016.
16. Christopher, W., Thor, J. (1993). *Handbook for productivity measurement and improvement*. New York: Productivity Press.
17. Díaz, F. (2002). *Sistema de gestión dinámica de flotas usando localización GPS/GSM y programación evolutiva para la optimización de recursos* (Tesis de doctorado). Universidad de Valladolid, España. [en línea].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=12006>. Consultado el 17 de agosto de 2016.

18. España, H. (2011). *Demostrar cómo el seguimiento por GPS reduce los costos de mano de obra.* [en línea]. <https://www.positionlogic.com/es/el-blog-news/es/manejando-su-negocio-de-rastreo-de-gps/demostrar-como-el-seguimiento-por-gps-redu>. Consultado el 12 de diciembre de 2016.
19. Flores, I. (2005). *El mercado de las telecomunicaciones en Guatemala.* Guatemala: Instituto Español de Comercio Exterior.
20. Fraile, L. (1997). *Cómo utilizar un GPS.* España: Risko S.C.
21. García, D. (2008). *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System).* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Madrid, España. [en línea]. <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>. Consultado el 22 de diciembre de 2016.
22. Ghio, G. (2007). *Captura de datos, procesamiento y análisis: GPS en cartografía censal.* Santiago, Chile: Sociedad de Especialistas en Sistemas de Información Espacial.
23. Hansen, B. (1990). *Control de calidad.* Madrid, España. Editorial Prentice Hall [en línea]. <https://books.google.com.gt/books?id=eGdLTd3UiN8C&pg=PA392&lpg=PA392&dq=productividad+control+vehicular&source=bl&ots=Hq0ZirBDaS&sig=6wVvUmUJrohkhkZ3k9H0ttiJMhkc&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiF7YCI-oHRAhXH7SYKHf04CwU4ChDoAQgXMAA#v=onepage&q=produ>

ctividad%20control%20vehicular&f=false. Consultado el 11 de diciembre de 2016.

24. Heillriegel, D. (1998). *Administración*. 7a edición. México: International Thomson Editores.
25. Hernández, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
26. Herrera, R. (2011). *GPS aplicado a la ubicación de vehículos de transporte terrestre y sus alternativas en su gestión*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. [en línea].
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/812/1/herrera_rr.pdf. Consultado el 19 de agosto de 2016.
27. Huerta, E., Mangiaterra, A., Noguera, G. (2005). *GPS: posicionamiento satelital*. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
28. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno de México. (2003). *El ABC de los indicadores de productividad*.
29. Luna, J. (2015). *El concepto de competitividad*. [en línea].
<http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2013/jelc/competitividad-empresarial.html>. Consultado el 21 de diciembre de 2016.
30. Martínez, E. (2006). *Implementación de un sistema de administración de flotas de transporte en una empresa de consumo masivo*. (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil,

Ecuador. [en línea].
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34546>.
Consultado el 12 de agosto de 2016.

31. Mellado, C. (2016). *GPS laboral*. Madrid, España: Editorial Rústica, segunda edición.
32. Mendes, A. (2010). *La gestión moderna de flotas: más allá del GPS*. [en línea]. <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/gestion-moderna-flotas-mas-alla-gps>. Consultado el 01 de marzo de 2017.
33. Mintzberg, H. (1997). *El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos*. México: Editora Prentice Hall Hispanoamericana.
34. Mora, L. (2005). *Indicadores de la gestión logística: los indicadores claves del desempeño logístico*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
35. Muñoz, J. (2013). *Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS*. (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. [en línea]. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4350/6/298B412.pdf?sequence=1>. Consultado el 19 de diciembre de 2016.
36. Nuchera, A. (1999). *La gestión de la tecnología como factor competitivo*. *Economía Industrial*, No. 330, pp. 43-54.
37. Porter, M. (2007). *Competitive strategy*. New York: Executive Education.

38. Pozo-Ruz, A. (2000). *Sistema de Posicionamiento Global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Málaga. [en línea]. http://www.academia.edu/6180985/INDICADORES_DE_LA_GESTION_DE_LA_LOGISTICA_KPI_Los_indicadores_claves_del_desempeño_logístico_TABLA_DE CONTENIDO. Consultado el 22 de agosto de 2016.
39. Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.
40. Puch, C. (2008). *Manual completo de GPS*. Medellín, Colombia: Editorial Desnivel.
41. Roca, J. (2012). *Las empresas de telecomunicaciones*. [en línea]. https://es.over-blog.com/Empresas_de_telecomunicaciones_Descripcion_del_negocio-1228321767-art125405.html. Consultado el 20 de noviembre de 2016.
42. Sánchez, J. (2013). *Indicadores de gestión empresarial*. México: Palibrio LLC.
43. Schuschny, A. (2007). *Indicadores de desempeño en el sector público*. [en línea]. <https://www.slideshare.net/schuschny/clase-10-indicadores-de-desempeo>. Consultado el 02 de marzo de 2017.

44. Serrano, R. (Junio, 2004). *Aplicaciones empresariales basadas en GPS*. Gerencia, Año VI, No. 96, p 24. [en línea]. <http://www.emb.cl/gerencia/revista.mvc>. Consultado el 15 de agosto de 2016.
45. Siliceo, A. (1995). *Liderazgo para la productividad*. México: McGraw Hill, Primera edición.
46. Smith, E. (1995). *The productivity manual*. 2nd Edition. New York: Gulf Publishing Company.
47. Soyosa, J. (2010). *Seguimiento vehicular: cómo implementar un sistema GPS*. [en línea]. <http://www.rastreo-vehicular.com/2016/02/seguimiento-aumento-productividad.html>. Consultado el 20 de diciembre de 2016.
48. Toro, F. (2008). Desempeño y productividad. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, v. 27, p.13.
49. Traccar Limited. (2017). *Traccar Documentation*. [en línea]. <https://www.traccar.org/documentation/>. Consultado el 01 de octubre de 2017.
50. Uribe, E. (2012). *7 áreas para ser más competitivo*. [en línea]. <https://www.entrepreneur.com/article/265173>. Consultado el 26 de diciembre de 2016.
51. Vara, A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Lima, Perú: Instituto de Investigación de la Facultad

de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres.

ANEXOS

Anexo 1. **Modelo de entrevista estructurada para recolectar información sobre el control y monitoreo de la cobertura de las rutas asignadas a cada uno de los técnicos**

1. ¿Conoce si existe algún procedimiento o proceso definido, para el control y monitoreo en ruta de los técnicos? ¿Podría indicar en dónde se puede encontrar y en qué consiste?
2. ¿Podría describir la forma en la que se monitorean las labores de los técnicos en ruta indicando si existen diferencias con el proceso o procedimiento definido en la pregunta anterior?
3. ¿Se cuenta con indicadores de desempeño? ¿Podría enumerarlos y brindar una descripción de los mismos?
4. De 1 a 5, siendo 5 el máximo, ¿cómo calificaría el desempeño de los técnicos rutereros durante los últimos tres meses? ¿Por qué?
5. ¿Qué deficiencias podría mencionar referentes a la forma en la que se monitorean las labores de los técnicos en ruta?
6. ¿Qué soluciones propone para contrarrestar las deficiencias mencionadas anteriormente?

7. ¿Cuáles considera son los efectos que tienen las deficiencias mencionadas anteriormente en el servicio brindado al cliente?
8. ¿Cuáles considera son los efectos que tienen las deficiencias mencionadas anteriormente para la empresa?
9. ¿Cree que la implementación de un sistema GPS podría beneficiarlos al momento de monitorear la cobertura de rutas? ¿De qué forma?
10. Si se tuviera que reformular los indicadores de desempeño para el control y monitoreo de rutas, según sus necesidades de supervisión, ¿cuáles propondría?

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. **Bitácora utilizada para registrar la cantidad de visitas cubiertas en el día**

SEMANA		Del 20 al 25 de febrero de 2017														TOTAL	
		20/02/2017		21/02/2017		22/02/2017		23/02/2017		24/02/2017		25/02/2017		TOTAL	TOTAL		
NOMBRE DEL TÉCNICO		Tiempo	Dilación	Tiempo	Dilación	Tiempo	Dilación	Tiempo	Dilación	Tiempo	Dilación	Tiempo	Dilación	En tiempo	Dilación		
		1															
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	

Fuente: archivo empresa analizada.

Anexo 3. **Boleta de asignación y cierre de visita en ruta**

Fecha	1 de marzo de 2,017	Visita No.	2	Hora de visita	10:00 a. m.
Nombre de Cliente	Marco Ramirez Paz				
Domicilio	3era avenida 27-17 zona 12 Colonia El Carmen, se debe identificar en garita y dejar documentb.				
Trabajo a realizar	Cliente indica que su computadora se calienta mucho, puede trabajar por media hora aproximadamente cuando se va la imagen. Puede pasar así mucho tiempo hasta que se descarga y se apaga sola. Se debe forzar el apagado manual para solventar el problema pero la imagen vuelve hasta que el equipo se enfría.				
Comentarios de Cierre					
Comentarios Cliente					
Firma Cliente Conforme					

Fuente: archivo empresa analizada.

Anexo 4.

Ejemplo de reporte de ruta generado en Traccar Server

Report	Route	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Speed	Address	Attributes
VERDADERO		2017-08-27 16:09:08	14.604453	-90.558463	1514 m	18.5 km/h	14.604453°, -90.558463°	batteryLevel=38.0 distance=15.23 totalDistance=478.64 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO	Tecnico 1	2017-08-27 16:09:11	14.604545	-90.558595	1514 m	18.4 km/h	14.604545°, -90.558595°	batteryLevel=38.0 distance=17.47 totalDistance=496.11 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:15	14.604668	-90.558662	1513 m	13.1 km/h	14.604668°, -90.558662°	batteryLevel=38.0 distance=15.49 totalDistance=511.6 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:18	14.604765	-90.558593	1513 m	14.7 km/h	14.604765°, -90.558593°	batteryLevel=38.0 distance=13.04 totalDistance=524.64 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:22	14.604855	-90.558537	1512 m	3.0 km/h	14.604855°, -90.558537°	batteryLevel=38.0 distance=11.73 totalDistance=536.37 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:32	14.604945	-90.558510	1512 m	7.9 km/h	14.604945°, -90.558510°	batteryLevel=38.0 distance=10.42 totalDistance=546.79 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:36	14.605078	-90.558497	1512 m	13.2 km/h	14.605078°, -90.558497°	batteryLevel=38.0 distance=14.91 totalDistance=561.7 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:39	14.605178	-90.558577	1511 m	17.5 km/h	14.605178°, -90.558577°	batteryLevel=38.0 distance=14.08 totalDistance=575.78 ip=181.209.138.30 motion=true
VERDADERO		2017-08-27 16:09:43	14.605293	-90.558775	1509 m	19.1 km/h	14.605293°, -90.558775°	batteryLevel=38.0 distance=24.91 totalDistance=600.69 ip=181.209.138.30 motion=true

Fuente: elaboración propia, captura MS Excel.

Anexo 5. Ejemplo de reporte de viajes generado en Traccar Server

Reporttype:	Trips									
Device:	Tecnico1									
Group:										
Period:	2017-08-04 07:18:20 - 2017-09-12 07:48:20									
Start	Start Address	End	End Address	Duration	Length	Top speed	Average speed	Spent Fuel	Driver	
2017-08-27 14:59:18	14.604265°,-90.558663°	2017-08-27 14:59:52	14.604228°,-90.558702°	0 h 0 min 34 s	0.0 km	0.5 km/h	0.5 km/h	0		
2017-08-27 16:09:05	14.604342°,-90.558382°	2017-08-27 16:21:21	14.632475°,-90.525510°	0 h 12 min 16 s	6.8 km	56.1 km/h	41.2 km/h	0		
2017-08-27 16:38:57	14.631492°,-90.524528°	2017-08-27 16:47:32	14.626945°,-90.517195°	0 h 8 min 35 s	1.7 km	45.1 km/h	26.1 km/h	0		
2017-08-27 19:00:51	14.627127°,-90.517130°	2017-08-27 19:06:53	14.632400°,-90.525517°	0 h 6 min 2 s	2.1 km	43.0 km/h	27.4 km/h	0		
2017-08-27 19:35:25	14.630037°,-90.523060°	2017-08-27 19:45:28	14.604307°,-90.558770°	0 h 10 min 3 s	5.6 km	53.9 km/h	39.6 km/h	0		

Fuente: elaboración propia, captura MS Excel.

Anexo 6.

Ejemplo de reporte de paradas generado en Traccar

Server

Report type: Stops									
Device:	Tecnico1								
Group:									
Period:	2017-08-04 07:18:20 - 2017-09-12 07:48:20								
Start	Start Address	End	Duration	Engine Hours	Spent Fuel				
2017-08-27 14:59:52	14.604228°, -90.558702°	2017-08-27 16:09:05	1 h 9 min 13 s	0 h 0 min	0				
2017-08-27 16:21:21	14.632475°, -90.525510°	2017-08-27 16:38:57	0 h 17 min 36 s	0 h 0 min	0				
2017-08-27 16:47:32	14.626945°, -90.517195°	2017-08-27 19:00:51	2 h 13 min 19 s	0 h 0 min	0				
2017-08-27 19:06:53	14.632400°, -90.525517°	2017-08-27 19:35:25	0 h 28 min 32 s	0 h 0 min	0				
2017-08-27 19:45:28	14.604307°, -90.558770°	2017-08-27 21:02:37	1 h 17 min 9 s	0 h 0 min	0				

Fuente: elaboración propia, captura MS Excel.

Anexo 7. **Ejemplo de reporte de resumen generado en Traccar Server**

Report type:	Summary								
Period:	2017-08-04 07:18:20 - 2017-09-12 07:48:20								
Device	Tecnico1	Distance	20.2 km	Top speed	56.1 km/h	Average speed	31.6 km/h	Engine Hours	0 h 0 min
								Spent Fuel	0 h 0 min

Fuente: elaboración propia, captura MS Excel.

Anexo 8. Ejemplos de casos: implementación exitosa de un sistema GPS en la empresa

GPS Data: The Key To Operational Improvements

by Brian Albright

ABM Industries overhauls its customer-facing operations and improves technician safety.

In the highly competitive construction and facility services industries, accurate billing is critical both for a company's reputation and its cash flow. Increasingly, GPS location data plays a large role in helping companies track their project activities and assure customers that their employees and equipment were at the right location at the right time.

The GPS fleet solution has proven to be a valuable tool for both billing and employee safety at ABM Building and Energy Solutions, part of ABM Industries Incorporated, one of the world's largest building and facility services companies. The Building and Energy Solutions Division is responsible for mechanical, HVAC, electrical, and power generation solutions and operates a fleet of 695 vehicles across the U.S. The majority of those trucks are service vans, along with some pickups, flatbeds, and boom trucks.

Last year, ABM made GPS tracking mandatory for all of its locations, but the company has been using a GPS-based fleet solution for nearly five years. The GPS mandate builds on the success the company has seen using a fleet tracking solution from Phoenix-based GPS Insight.

The company first turned to GPS technology to better track how long the technicians were at the customer site. "We often get calls from customers saying that they received an invoice, but they don't think the technician was on-site for the number of hours we've billed for," says Tod Truettner, safety manager for ABM Building and Energy Solutions. "We

can pull up the GPS fleet tracking system and tell them exactly how long the truck was there."

Before the new fleet tracking solution, the various ABM locations never knew for sure where the company vehicles were. "The technicians would tell us what we wanted to hear, but we could never be sure how accurate that was," says Pat Stauber, general manager of ABM's Phoenix, AZ, location. The Phoenix branch has been live with GPS Insight for two-and-a-half years. "We had no way to track mileage or find where they were. The technicians wrote down what they thought they had done on their paperwork."

When emergency calls came in, it could take 30 to 45 minutes for dispatchers to call the drivers, check the dispatch logs, and identify which technician was the closest who could respond. "It was a manual process, and very inefficient," says Stauber.

The company also wanted to improve employee safety by being able to monitor vehicle location and view diagnostic and maintenance information for the company trucks. "The safety of our technicians is extremely important," Truettner says. "The best thing we can do is have reliable, safe company vehicles for our technicians and our customers."

ABM Building and Energy Solutions selected GPS Insight in part because the vendor already had experience working with ABM's other divisions. The new system also provided the reporting capabilities and maintenance information ABM needed to improve its fleet operations.

GPS Data Improves Customer Service, Billing Accuracy

In advance of the solution's implementation, ABM Building and Energy Solutions entered information about all of its company vehicles, including make, model, engine, transmission, and other data. "The fleet management solution can calculate, based on the vehicle, how much fuel it should use, and we can compare that to actual usage," Stauber says. "If they're driving well, it's usually pretty close."

The company trucks are equipped with a GPS antenna that sits on the dashboard, along with a small computer that is tied to vehicle diagnostic systems in the company van. Installation took roughly 45 minutes per vehicle. At the Phoenix location, the entire deployment took three weeks.

ABM Building and Energy Solutions presented the new mobile system to the drivers as a way to improve performance and safety, which helped encourage employee acceptance of the new fleet management solution. "This provides a safety advantage for us," Truettner says. "From a customer perspective, we're in a situation now in the construction industry where you have to bill correctly and know exactly how much time everything took and what was done.

It's very competitive. If you inadvertently overbill a customer, you can lose business, and our technicians understand that."

Stauber says the new fleet management solution also presented a way to help improve time management and reduce fuel costs. "When the company put this in, fuel was at \$4 a gallon, so we had to look for any way possible to cut fuel costs," Stauber says. "Getting technicians to the customer sites on time and safely was another big selling point."

The new GPS solution works in tandem with a mobile field service management solution to keep drivers on schedule and to ensure that the main office knows where every technician is and the status of their work orders.

ABM drivers carry iPhone 6 mobile phones that run the FieldCentrix mobile application from Astea International. All of the dispatch information, work orders, billing, and repair data are presented through the mobile app.

Customer sites and parts suppliers have all been entered into the GPS solution as pin drops. When calls come in, dispatchers can

Intuitive GPS Provides Customizable Data

At ABM Building and Energy Solutions, a division of ABM Industries Incorporated, implementing a GPS-based fleet solution was a smooth process, thanks largely to the fact that the company chose an intuitive platform with customizable reporting features. According to Tod Truettner, safety manager at ABM, the company selected the GPS Insight solution (which was already in use at other ABM divisions) in part because it was so easy to use.

"The solution is very intuitive, and it's not hard to learn," Truettner says. "I came into the system with no experience, and it was very easy to understand."

GPS Insight also included the tracking and reporting features the company needed to improve dispatch operations and to ensure technician safety. The mapping features include standard, satellite, terrain, and traffic views, as well as a search bar that can filter by vehicle, driver, or status. The solution also includes Google Earth Mapping that provides better visual analysis of the fleet's speeding, after-hours usage, idling, and other data. Managers can also use street view capabilities to see where the vehicles are located if there is an issue.



GPS data powers ABM Industries' field operations, tracking tech movements and time at customer sites.

GPS Insight also has robust reporting and alerting features. Users can customize alerts by vehicle, time/date, and proximity to landmarks.

The dashboard can be easily configured and customized, and users can save multiple dashboard layouts. There are also configurable drag-and-drop "dashlets" that can be viewed to track vehicle location lists, alerts, graphs, messages, landmark visits, and other information.

At ABM, managers receive alerts when drivers exceed speeding or idling thresholds. The company can also see when vehicles are used after hours or on weekends to ensure that the technicians are on customer calls rather than using the vans for unauthorized activities.

ABM can also generate a variety of different reports, including activity details for each vehicle, first and last stops, driver histories, idle time details, and drive-time summaries. There are speeding, diagnostic, and late-start reports available, and users can create custom reports as well.

In addition, the mobile mapping capabilities give managers the ability to view vehicle information — from iOS or Android-based smartphones — as well as receive alerts.

For more information, visit www.gpsinsight.com.



“We do safety checks regularly ... If something happens, or we’re not getting a response, ... we can pinpoint exactly where they [techs] are.”

Tod Truettner, ABM Building and Energy Solutions

GPS data drives a host of benefits, including more accurate billing, improved tech safety, fuel cost reductions, and slashed dispatch times, say Tod Truettner, safety manager, and Pat Stauber, GM of Phoenix location, ABM Building and Energy Solutions.





“We had no way to track mileage or find where they [field techs] were.”

Pat Stauber, ABM Building and Energy Solutions

see which ABM technician is the closest to each location and can dispatch the calls accordingly.

On the job site, the ABM technicians use the FieldCentrix FX Mobile application to enter all of the work order information and log their time. At the end of the week, the GPS data and FieldCentrix data are reconciled.

The GPS information is also used to respond to customer inquiries. “In terms of the GPS data, we can use that externally for customers if they have an inquiry about where we obtained the hours or mileage data from,” Truettner says.

Increase Technician Safety While Cutting Fuel Costs, Dispatch Time

Knowing where the technicians are has provided both efficiency and safety benefits, according to Truettner and Stauber. It is easier to dispatch work orders based on technician location and status, and ABM Building and Energy Solutions has eliminated unnecessary phone calls.

“My dispatcher has a monitor that shows where each company van is across our operating region,” Stauber says. “If we get an emergency call, the ABM dispatcher can look at the screen and decide which ABM technician is closest and can provide the fastest response. We can tell the customer we’ll have someone there within 15 minutes, and we’re very accurate with those estimates.”

ABM Building and Energy Solutions can also generate more accurate invoices because the company now has precise mileage and fuel usage data that wasn’t previously available. On a corporate level, managers have visibility into the entire fleet. “From a safety perspective, I can go into the fleet tracking system and see any group, anywhere in the country,” Truettner says. “I get everything through one interface.”

The managers and dispatchers have access to the fleet management solution both on their PCs and via a mobile app on their phones. “I can find out where the technicians are located any time of the day,” Stauber says.

The fleet management solution has also allowed ABM Building and Energy Solutions to reduce vehicle idling and fuel consumption. “I have a 15-minute idle time alarm if the company trucks idle too long,” Stauber says. “I get an email and a text. I also receive alarms if the drivers exceed the posted speed limit or do any harsh braking.”

The GPS Insight solution also provides alerts when it’s time for regular maintenance on the company vehicles. “Our maintenance costs have gone down because we know when the maintenance is overdue on a particular company vehicle,” Stauber says. “We’ve also cut down on wear and tear on the company vehicles because we know they are only being used for business purposes.”

Because the drivers take the company vans home over the weekend, Stauber says it was not uncommon for the technicians to use the company vehicles for side jobs. “They keep their tools in there, and it’s not a stretch to think they’d just take the company truck instead of moving all of those tools to their personal vehicle. If the company truck is started on a Saturday or Sunday, I get an alert,” Stauber says. “The technicians can’t take the company vehicles out without us knowing.”

Having company vehicle data has also helped ABM Building and Energy Solutions resolve complaints about driver behavior from the public. “The company name and phone number are on the vehicles, so if the drivers do the slightest thing wrong, we hear about it,” Stauber says. “We can see what actually happened if we get a complaint about speeding or reckless driving.”

Most of the time it's never as bad as the caller made it out to be."

The new fleet management solution has improved ABM driver safety as well. "If there are weather events, or other types of emergencies in a geographic region, we can call up those areas and see if any of our ABM technicians are in a danger zone," Truettner says. "We can protect the ABM technicians and make sure they are safe."

Most of the ABM technicians work alone, so knowing where every technician is provides peace of mind for the technicians and managers. "We do safety checks regularly so the ABM dispatcher knows that everyone is okay," Truettner says. "If something happens, or

we're not getting a response from a technician, we can pinpoint exactly where they are. We can drill down and see right where the company van is sitting."

According to Truettner, now that GPS Insight is mandatory across the company, all new vehicles coming into the ABM fleet will be equipped with the fleet management technology. Although the two systems are not directly integrated, the combination of the GPS and FieldCentrix field service software has improved visibility and efficiency and reduced costs for the company.

"It's made our jobs easier across the board," Stauber says. "I wish we would have put it in sooner." ●

Fuente: ALBRIGHT, B. *GPS Data: The Key to Operational Improvements*. GPS Insight.
<https://www.gpsinsight.com/project/abm-industries-overhauls-its-customer-facing-operations-and-improves-technician-safety/>. Consulta: 28 de febrero de 2017.

Cable One Increases Fleet Safety with GPS Tracking

Company: Cable ONE

Industry: Telecommunications

Fleet Size: 1,000+

Contact: Tad Drescher, Manager of Process Improvement and Workforce Management



Background: Cable ONE is among the 10 largest cable companies in the U.S. and currently serves nearly 700,000 customers in 19 states with cable television, high-speed Internet, and telephone services. With a focus on customer satisfaction and local service, Cable ONE has equipped over 1,000 vehicles with GPS Insight solutions to manage nearly 1,000 technicians.

Business Challenge: Cable ONE recently took on the task of implementing a new field service management system to better manage worker activity, schedule and dispatch work, ensure driver safety, and integrate with other back-office systems. After choosing the Oracle Field Service Cloud (ETADirect) product by Oracle (TOA),



Vehicle Tracked by GPS Insight

Cable ONE needed to overlay GPS coordinates of their vehicles within that solution to take full advantage of routing and dispatch capabilities. Previous automatic vehicle location (AVL) providers did not meet expectations or technical requirements.

As part of Cable ONE's efforts to ensure driver safety and lower insurance premiums, the organization also sought to improve driver behavior among its technician workforce.

Reducing vehicle idling and curbing unauthorized after-hours use of company vehicles can drastically reduce fuel and maintenance costs. These additional benefits offered by a GPS tracking solution also appealed to Cable ONE.

How it was solved: Cable ONE decided that the GPS Insight Fleet Tracking Solution was the perfect fit. The robust features and flexibility of the software, along with its capabilities to easily integrate with other software platforms, was what finalized the company's decision.

"The first time around, we used a competitor of GPS Insight's and we didn't have the reports that we needed. Specifically on speed tracking, vehicle idle time and unauthorized after hours use. GPS Insight's application provides us with the ability to track those metrics as well as other metrics," said Tad Drescher, Manager of Process Improvement and Workforce Management at Cable ONE.



"An unforeseen benefit to using GPS Insight is the double digit reduction in vehicle accidents we've had."

Tad Drescher
Manager of Process Improvement and Workforce Management, Cable ONE

The speed tracking functionality offered by GPS Insight provides fleet managers with the ability to create alerts for when a driver surpasses a defined speed threshold. Within 6 months of deploying GPS Insight, Cable ONE was able to improve driver behavior by 68%.

Cable ONE saw a direct correlation in improving driver behavior to a double digit percentage decrease in monthly accidents. Not only was this a great way to show Cable ONE's dedication to driver safety but costs from insurance premiums went down as a result of the accident decrease.

68%

**Improvement in
Driver Behavior**



The final requirement for a successful fleet tracking implementation, and the most important to improving the business, Cable ONE sought to integrate GPS data with their newly launched Oracle (TOA) Oracle Field Service Cloud (ETADirect) platform. Through its expansive list of APIs, GPS Insight offers a robust level of integrations into other software programs. "With the GPS Insight data [integrated with Oracle Field Service Cloud (ETADirect)], we will know the GPS location of the job and the GPS location of the technician. So we will know when the technician closes out a job, we can see if the technician is actually still on site at the house when they close out the job and not under a shade tree two streets over, or at the coffee shop. That will help us improve productivity and drive compliance," says Drescher.

Ultimately, Cable ONE felt that the configurability of the various alerts, automated reporting and integrations with other platforms was the best aspect of the vehicle & asset tracking solution and what ultimately lead to their decision to partner with GPS Insight.



Fuente: *Cable One Increases Fleet Safety with GPS Tracking*. GPS Insight.
<https://www.gpsinsight.com/project/cable-one-increases-fleet-safety-with-gps-tracking/>.

Consulta: 28 de febrero de 2017.

Valet Waste Improves Fleet Operations with Advanced GPS Fleet Tracking

Company: Valet Waste

Industry: Multi-Family Housing Waste Management

Fleet Size: Mid

Contact: Nick Choma, Regional Manager for West Coast Florida



Background: Valet Waste is the premier national provider of doorstep trash and recycling collection in the multi-family industry.

Challenge: Valet Waste had used a fleet management system in the past, but it did not meet expectations. Valet Waste faced a few fleet challenges that they needed a more advanced GPS tracking system to solve. Nick Choma, Regional Manager for West Coast Florida, took on the project with the goal of finding a sole provider that could affordably solve these challenges. Valet Waste wanted to be sure to meet customer expectations, promote safety with a safe alternative to talking while driving, and validate 'how is my driving' calls. To do this, the company needed to increase efficiency and monitor driver behavior.

"We wanted to be able to identify the best driving habits and promote those habits throughout the organization"

Valet Waste needed a way to cut the amount of time employees spent logging tasks in the customer service database and increase productivity at each property. Their employees are required to enter each task they perform into the customer service database calendar, which is a very timely process navigating through each community page and entering in the information.

The company also wanted to keep drivers safe by monitoring driver behavior. "We wanted to be able to identify the best driving habits and promote those habits throughout the organization," according to Valet Waste.

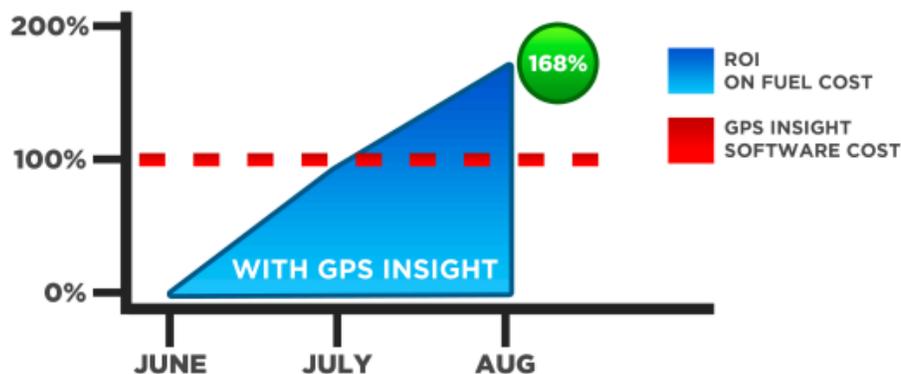
Valet Waste also knew of the additional benefits that an advanced GPS tracking system could provide such as better fuel, time, safety, and maintenance management.

How it was solved: Valet Waste decided that the GPS Insight Fleet Tracking Solution was the perfect fit. The robust features and flexibility of the software was what finalized the company's decision. "GPS Insight allowed features and alerts to be automated and customized to fit our needs now, and the ability to easily change them if needed," said Nick Choma. Their previous fleet management program was limited on their capabilities and did not allow for features to be customized.

GPS Insight offers integration into other software programs used by customers. "We are currently in the process of integrating our customer service database with GPS Insight to minimize time spent on the computer by our employees. The integration will auto-populate the calendar by recognizing the assigned truck to the employee entering the landmarks, or what we call communities, that are entered each day. From the calendar page all tasks will be entered quickly, minimizing computer work and maximizing productive time spent on property," said Choma.

Valet Waste mentioned that the integration with Wright Express fuel cards was beneficial since they were already using the WEX program. GPS Insight provides WEX customers with fuel card reports on all fuel card transactions, and more importantly, flagged activity where a specified vehicle was not present for the associated purchase transaction or any non-fuel purchases. It turns out that Valet Waste employees were using the WEX fuel cards for non-fuel purchases or purchases of different grades of gasoline. The fuel card integration has also made Valet Waste more efficient. The company was able to eliminate daily driver's logs tracking miles and gas purchases; instead GPS Insight automatically emails the needed reports to their accounting department.

As a result of using the GPS Insight Fleet Tracking Solution, Valet Waste has seen a significant fuel savings. Their fuel card bill dropped 16% in the first two months. That is a 168% ROI from the GPS Insight software in fuel savings alone.



**168% ROI from the GPS
Insight software in fuel
savings alone**

GPS Insight reports on the amount of time spent inside and outside of landmarks, such as customer locations. Valet Waste reported, "We require our employees to visit our clients routinely and GPS Insight has been able to confirm those visits and track the frequency of those visits, to help ensure our promise of customer service was being upheld."

GPS Insight offered Garmin navigation units as the solution to talking while driving. This is the easiest and safest way to dispatch drivers with turn-by-turn audible and visual directions, view job status, and send and receive messages without violating talking/ texting while driving laws.

Now Valet Waste can investigate public complaints from the "How's my driving?" stickers on the back of their trucks. "Now we can validate 'how's my driving' complaints by pulling up Google Earth and focusing in on the time, day, and vehicle. It is difficult to exonerate or punish an employee based on hearsay and GPS Insight provides the proof," according to the Valet Waste management team.

"Education and information is key!"- Nick Choma

Fuente: *Valet Waste Improves Fleet Operations with Advanced GPS Fleet Tracking*. GPS Insight. <https://www.gpsinsight.com/project/valet-waste-improves-fleet-operations-with-advanced-gps-fleet-tracking/>. Consulta: 28 de febrero de 2017.

Anexo 9. **Visitas realizadas por cada técnico durante los primeros tres meses de funcionamiento de la solución**

MAR-17					
NO. TÉCNICO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	TOTAL
1	6	6	4	6	22
2	3	5	3	4	15
3	8	4	6	7	25
4	5	6	5	3	19
5	4	4	3	4	15
6	8	5	6	2	21
7	5	4	4	7	20
8	7	5	3	4	19
9	4	3	4	2	13
10	5	5	2	2	14
11	3	3	4	3	13
12	5	2	3	2	12
13	3	3	3	2	11
14	4	5	4	1	14
15	3	2	5	6	16
16	4	5	5	7	21
17	6	5	5	6	22
18	2	3	5	2	12
19	3	5	4	4	16
20	8	3	3	4	18
21	7	4	3	3	17
22	3	5	4	7	19
23	7	3	2	5	17
24	3	5	4	2	14
25	2	3	7	4	16

Fuente: elaboración propia.

ABR-17					
NO. TÉCNICO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	TOTAL
1	5	3	4	1	13
2	2	4	4	2	12
3	5	5	4	3	17
4	3	4	4	1	12
5	4	5	2	2	13
6	3	3	5	4	15
7	6	3	3	4	16
8	4	5	2	5	16
9	5	2	4	2	13
10	2	3	5	3	13
11	4	4	4	2	14
12	2	3	5	4	14
13	5	4	3	4	16
14	4	3	3	4	14
15	8	2	3	5	18
16	3	3	5	2	13
17	4	5	2	3	14
18	3	4	4	3	14
19	3	3	4	5	15
20	3	2	4	3	12
21	5	5	2	4	16
22	4	3	4	4	15
23	3	4	4	5	16
24	2	4	5	3	14
25	4	2	4	5	15

Fuente: elaboración propia.

MAY-17					
NO. TÉCNICO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	TOTAL
1	6	5	3	6	20
2	4	3	4	5	16
3	5	6	3	5	19
4	4	5	7	4	20
5	4	5	2	6	17
6	5	5	6	4	20
7	4	4	4	5	17
8	5	4	5	5	19
9	6	5	3	4	18
10	3	5	3	4	15
11	3	5	6	3	17
12	4	6	5	4	19
13	6	3	4	6	19
14	5	5	6	4	20
15	6	7	5	4	22
16	4	4	6	4	18
17	6	7	4	4	21
18	7	3	5	6	21
19	4	6	3	5	18
20	4	5	5	4	18
21	6	6	3	3	18
22	2	3	7	5	17
23	4	5	7	2	18
24	6	7	2	4	19
25	8	4	4	3	19

Fuente: elaboración propia.

Anexo 10. Matriz de consistencia de sistematización de la investigación

TÍTULO: Implementación de sistema GPS e indicadores de desempeño para el control y monitoreo de los técnicos rutereros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones para incrementar su productividad y competitividad				
	OBJETIVO	RESULTADOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
G E N E R A L	Implementar un sistema GPS y sus indicadores de desempeño para incrementar la productividad y competitividad de los técnicos rutereros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones.	Reducción de paradas no autorizadas en 59%; tiempo promedio por visita pasó a ser de 2.08 a 1.61 horas, acercándose a la meta de atender a los clientes en 1.5. la productividad promedio de los técnicos aumentó a 18.6 visitas.	La implementación del sistema GPS y los indicadores de desempeño fue realizada exitosamente, ya que la productividad de los técnicos fue incrementada y el aumento en la competitividad se vio reflejado en una mejor atención hacia a los clientes.	A todos los investigadores cuyo tema de estudio sea parecido al abordado en este trabajo de graduación, se les recomienda consultarlo como parte de la determinación del estado del arte; esto debido a que los objetivos planteados fueron alcanzados en su totalidad.
E S P E C Í F I C O S	Analizar la manera en que la empresa monitorea la productividad de los técnicos rutereros previo a la realización del trabajo de investigación, para identificar sus fortalezas y debilidades.	Fortalezas: indicador establecido. Debilidades: inexistencia del uso de tecnología, información analizada únicamente de forma global y falta de un rango de distinción para categorizar la dilación.	El indicador existente cumplía tres de las seis condiciones para el mantenimiento de un indicador de desempeño: periodicidad, sistema de información y responsabilidad. La ausencia del uso de la tecnología llevaba a desconocer las acciones llevadas por el técnico directamente en ruta.	La empresa debe seguir manteniendo un control de la productividad desglosada por cada técnico, la cual debe seguir siendo registrada en un documento accesible para su posterior análisis. El indicador ya existente debe ser analizado tanto de forma individual como global.
	Determinar el sistema GPS más apropiado que permita mejorar la productividad de los técnicos en la cobertura de rutas.	Se encontraron cinco candidatos de sistema GPS. Se optó por trabajar con la plataforma de la empresa rusa especializada en servicios de rastreo GPS y desarrollo de software, Traccar Limited.	La elección de Traccar se basó en cuatro criterios principales: inversión a realizar, funcionalidad, información desplegada y facilidad de implementación. Adicional, permite el rastreo en vivo, la programación de alertas y la generación de reportes. Debido al presupuesto limitado con el que se cuenta, que sea open source es fundamental para el ahorro de costos.	Es recomendable que para extender su funcionalidad se adquiera un servicio en la nube para obtener características adicionales como la geolocalización inversa en los reportes generados y las alertas por medio de SMS que pueden ser vitales para un mejor control en ruta.

E S P E C Í F I C O S	<p>Establecer los indicadores de desempeño más adecuados que, tras la implementación del sistema GPS, permitan mantener el mejor control de la productividad del equipo de técnicos ruteros y la eficiencia de los recursos utilizados en sus labores.</p>	<p>Se establecieron cuatro indicadores de desempeño: efectividad en las visitas realizadas, días de dilación, tiempo promedio por visita y visitas realizadas por técnico.</p>	<p>Se establecieron cuatro indicadores de desempeño clave. Uno basado en el ya existente y tres adicionales. Estos permitirán verificar qué porcentaje de las rutas son cubiertas con y sin dilación, llevar un control sobre la cantidad de días de retraso en la programación, determinar el lapso que pasan los técnicos con el cliente y establecer cuántas asignaciones es capaz de cubrir un técnico.</p>	<p>Es necesario mantener un control de su medición tanto de forma global como individual. Adicional, para detectar puntos de mejora específicos, es necesario analizar la variabilidad del comportamiento del indicador a nivel individual con el fin de detectar qué técnicos son los que están causando una desviación del resultado global.</p>
	<p>Aplicar la metodología existente para integrar adecuadamente el nuevo modelo de monitoreo a la función de los técnicos ruteros.</p>	<p>Se siguieron cinco pasos de implementación: presentación como un elemento de seguridad en ruta, creación de un sistema de incentivos, establecimiento de los eventos específicos a monitorear, mejora al plan de seguimiento diario y creación de un dashboard.</p>	<p>El nuevo modelo de monitoreo fue integrado correctamente en la función de los técnicos ruteros aplicando los cinco pasos de la metodología propuesta por el autor Mellado.</p>	<p>A otras empresas que busquen implementar un sistema GPS, se les recomienda seguir de igual forma la metodología propuesta por Mellado, aplicando la tropicalización a la situación propia y recursos con los que se cuentan.</p>
	<p>Determinar y evaluar los beneficios obtenidos por la empresa con la implementación del sistema GPS y sus indicadores de desempeño.</p>	<p>Reducción de las visitas cubiertas en dilación en 1.15%. Disminución del 50% en la cancelación de visitas con retraso en la programación. La media de los días de dilación bajó de 1.48 a 1.21.</p>	<p>Los resultados obtenidos mostraron mejoras significativas en el desempeño de este grupo de empleados, aprovechando la fortaleza detectada en el diagnóstico y abordando adecuadamente las debilidades existentes.</p>	<p>Es necesario que la empresa monitoree constantemente los indicadores así como las alertas de Traccar; de manera que si se detecta una caída en los mismos, puedan tomarse de forma oportuna las acciones preventivas y correctivas necesarias.</p>

Fuente: elaboración propia.