

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN UNA EMPRESA QUE BRINDA EL SERVICIO DE REVISIONES TÉCNICAS VEHICULARES

Tesis para optar por el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller:

**Wilder Hugo Fuertes Vara**

**ASESOR: Ing. Cesar Corrales**

Lima, Noviembre del 2012

## RESUMEN

El parque automotor de Lima viene creciendo y esto tiene como consecuencia que las revisiones técnicas vehiculares cada vez se vean más saturadas de vehículos. El presente estudio tiene como objetivo principal presentar propuestas de mejora para afrontar cada una de las causas de demora en el proceso de inspección técnica vehicular; también se calculó la demanda futura en cuatro años. Esto último hizo posible efectuar el cálculo del número estaciones de trabajo a requerir para cada año proyectado, con lo que, en el paso siguiente, se plantea una distribución de planta distinta para cada año considerando espacios y requerimientos futuros, todo lo cual tendría como resultado el aumento en la capacidad instalada.

Mediante un diagnóstico de la situación actual se pudo determinar las causas fundamentales de la demora en el proceso de inspección vehicular. Se procedió, luego, a delimitar cada una de las causas fundamentales para proponer una mejora dirigida a cada una de ellas.

Para el cálculo de la demanda futura se utilizaron pronósticos de estimación para, después, mediante un balance de línea, determinar la cantidad de estaciones a requerir para cada año. Con esta información se procedió a calcular los espacios y, usando la metodología del planeamiento sistemático de distribución, se pudo proponer propuestas de distribución para cada año del estudio.

Por último, se estimó el ahorro que generaría la implementación de estas propuestas de mejora y, a través de una evaluación financiera, se determinó la rentabilidad de la misma. Asimismo se evaluaron las propuestas de distribución de planta, se estimó el ingreso monetario generado por el aumento de capacidad instalada, se asumieron los gastos operativos por distribución y, mediante una evaluación financiera, se evaluó su rentabilidad, lo cual arrojó resultados altamente satisfactorios.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....	2
1.1 Planeamiento del sistema.....	2
1.1.1 Patrones de demanda.....	3
1.2 Pronósticos.....	3
1.2.1 Diseño del sistema de pronósticos.....	3
1.2.2 Selección de la demanda a pronosticar.....	4
1.2.3 Selección del método del pronóstico.....	4
1.2.4 Métodos de pronósticos .....	4
1.3 Balance de línea.....	10
1.3.1 Tiempo de ciclo.....	10
1.3.2 Cadencia .....	11
1.3.3 Capacidad.....	11
1.3.4 Número de máquinas o estaciones .....	11
1.4 Estudio de tiempos .....	11
1.4.1 Tiempo normal .....	12
1.4.2 Suplementos.....	12
1.4.3 Tiempo estándar .....	13
1.5 Distribución de planta .....	13
1.5.1 Objetivos de una distribución física .....	13
1.5.2 Tipos de distribución .....	14
1.5.3 Factores que afectan la distribución.....	14
1.5.4 Planeamiento sistemático para la distribución de planta.....	17
1.6 Herramientas de calidad.....	23
1.6.1 Técnicas de análisis de problemas.....	23
1.6.2 Diagrama de Pareto .....	24
1.6.3 Diagrama de flujo.....	25
1.6.4 Diagrama causa/efecto.....	25
1.6.5 Histogramas .....	26
1.6.6 Diagrama de dispersión.....	26
1.6.7 Lista de verificación.....	26
1.6.8 Gráficos de control .....	26
1.6.9 Metodología 5s.....	28
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU ENTORNO .....	29
2.1 Reseña histórica de la empresa .....	29
2.1.1 Misión .....	30
2.1.2 Visión .....	30
2.2 Organización .....	30
2.2.1 Cadena de valor.....	31
2.2.2 Mapa de negocio .....	32
2.3 Descripción del proceso de inspección técnica vehicular .....	33
2.3.1 Función del personal en cada una de las estaciones.....	36
2.4 Tipos de servicio.....	38
2.5 Infraestructura .....	40

2.5.1	Maquinaria .....	40
2.5.2	Tipo de distribución .....	41
2.6	Recursos humanos.....	41
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL...		42
3.1	Diagnóstico de los problemas.....	42
3.1.1	Detalle de los problemas.....	42
3.1.2	Alcance del diagnostico.....	43
3.2	Análisis del proceso de inspección técnica vehicular .....	44
3.2.1	Análisis en función del flujo de trabajo.....	44
3.2.2	Análisis en función de los métodos de trabajo .....	45
3.2.3	Análisis en función de las herramientas informáticas utilizadas .....	47
3.2.4	Análisis en función de sus indicadores de gestión.....	47
3.2.5	Análisis en función de la demanda.....	49
3.3	Análisis del problema fundamental.....	51
3.3.1	Análisis relacional de las causas fundamentales .....	53
3.4	Análisis de las causas fundamentales.....	53
CAPÍTULO 4. PROPUESTAS DE MEJORA.....		61
4.1	Propuesta de procedimientos.....	62
4.1.1	Estación de ingreso de datos .....	62
4.1.2	Estación de inspección visual.....	64
4.1.3	Estación de entrega de resultados .....	65
4.2	Propuesta para implementar 5s.....	66
4.3	Programa de capacitación para el personal operativo.....	68
4.4	Plan de mantenimiento para las máquinas de línea .....	69
4.5	Propuesta de distribución de planta para la demanda proyectada .....	72
4.5.1	Análisis de los factores para la distribución .....	74
4.5.2	Planeamiento sistemático para la distribución.....	78
4.5.3	Propuestas de distribución.....	81
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO .....		86
5.1	Costos para la mejora de procesos .....	86
5.2	Cálculo del ahorro en H-H .....	87
5.3	Flujo de caja para la mejora de procesos .....	88
5.4	Costos para la distribución de planta.....	90
5.5	Cálculo de los ingresos .....	90
5.6	Flujo de caja para la implementación de una distribución de planta para cada uno de los cuatro años del proyecto .....	91
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		96
6.1	Conclusiones.....	96
6.2	Recomendaciones.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		99
ANEXOS.....		101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Cadena de valor .....	32
Tabla 2-2 Máquinas .....	40
Tabla 2-3 Personal administrativo.....	41
Tabla 3-1 Demanda por estación de trabajo del año 2012 .....	50
Tabla 3-2 Toma de tiempos .....	57
Tabla 4-1 Formato de inspección 5s.....	67
Tabla 4-2 Programa de capacitación .....	68
Tabla 4-3 Programa de mantenimiento secuencial.....	70
Tabla 4-4 Programa de mantenimiento diario .....	71
Tabla 4-5 Error de los métodos de pronóstico para la estación de caja .....	72
Tabla 4-6 Cantidad de estaciones de trabajo proyectada .....	73
Tabla 4-7 Cantidad de estaciones de trabajo actual .....	73
Tabla 4-8 Cantidad de estaciones de trabajo calculada .....	74
Tabla 4-9 Secuencia de operaciones.....	75
Tabla 4-10 Análisis P-Q .....	75
Tabla 4-11 Descripción de equipos.....	76
Tabla 4-12 Personal requerido en cada estación de trabajo.....	77
Tabla 4-13 Diagrama relaciones entre estaciones de trabajo .....	78
Tabla 4-14 Tabla de ponderación de actividades .....	79
Tabla 4-15 Área total requerida por estación de trabajo .....	80
Tabla 5-1 Costos por tipo de pago.....	86
Tabla 5-2 Cálculo de H-H .....	87
Tabla 5-3 Cálculo de ahorro mensual H-H.....	87
Tabla 5-4 Cálculo de ahorro mensual .....	88
Tabla 5-5 Flujo de caja para la mejora de procesos .....	89
Tabla 5-6 Costos de distribución de planta .....	90
Tabla 5-7 Pronóstico de ingresos .....	91
Tabla 5-8 Flujo de caja año uno.....	92
Tabla 5-9 Flujo de caja año dos.....	92
Tabla 5-10 Flujo de caja año tres.....	94
Tabla 5-11 Flujo de caja año cuatro.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Planeamiento y control .....	2
Figura 1-2 Suplementos.....	12
Figura 1-3 Fases de distribución.....	18
Figura 1-4 Etapas del PSD .....	19
Figura 1-5 Conjunto estándar de símbolos para diagramas de proceso según ASME.....	20
Figura 1-6 Relación de actividades (TRA) .....	20
Figura 1-7 Diagrama de relación de actividades (DRA).....	21
Figura 1-8 Distribución general de conjunto (DGC) .....	23
Figura 1-9 Definición del problema .....	24
Figura 1-10 Ocho beneficios de las 5S.....	28
Figura 2-1 Organigrama de la empresa.....	31
Figura 2-2 Mapa de negocio .....	33
Figura 2-3 Diagrama de flujo actual .....	39
Figura 3-1 Flujo del proceso actual.....	45
Figura 3-2 Índice de eficacia.....	48
Figura 3-3 Índice de productividad.....	48
Figura 3-4 Indicador de pruebas mal realizadas .....	49
Figura 3-5 Demanda del año 2011 y 2012.....	50
Figura 3-6 Diagrama causa - efecto.....	52
Figura 3-7 Diagrama de Pareto.....	53
Figura 3-8 Causas fundamentales .....	54
Figura 3-9 Estación de certificación .....	55
Figura 3-10 Flujo del proceso de consolidación.....	55
Figura 3-11 Diagrama analítico del proceso .....	58
Figura 3-12 Gráfico X.....	59
Figura 3-13 Gráfico S.....	60
Figura 4-1 Diagrama causas del problema - propuesta de solución .....	62
Figura 4-2 Pantalla pre-ingreso de datos.....	63
Figura 4-3 Flujo de ingreso de datos .....	64
Figura 4-4 Formato check list.....	65
Figura 4-5 Mueble de facturas y certificados .....	66
Figura 4-6 Estación de certificación .....	66
Figura 4-7 Gráfico P-Q.....	76
Figura 4-8 TRA de números .....	79
Figura 4-9 TRA de letras.....	79
Figura 4-10 Diagrama de relación de actividades (DRA).....	80
Figura 4-11 Distribución actual .....	83
Figura 4-12 Propuesta de distribución de planta para el año uno.....	84
Figura 4-13 Propuesta de distribución de planta para el año cuatro.....	85

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra una aplicación de conocimiento y herramientas de ingeniería industrial, a un caso de negocio empresarial.

La tesis en mención, utiliza herramientas de pronóstico, balance de línea, distribución de planta e indicadores de calidad. Está dividido en seis capítulos: marco teórico, descripción de la empresa y su entorno, diagnóstico y análisis de la situación actual, propuesta de mejora y análisis financiero y conclusiones y recomendaciones.

La tesis se desarrolla en el sector transporte, específicamente en el servicio de revisión técnica vehicular. Este servicio es de carácter obligatorio en el país, la ley establece que todo vehículo mayor a 4 años de antigüedad está obligado a pasar revisión técnica vehicular una vez al año.

Es por ello que se evidencia gran afluencia de público en estos centros de inspección técnica, originándose largas colas de espera y por consiguiente, incomodidad del público demandante.

En presente trabajo se centra en resolver dos grandes interrogantes de este servicio, cual es la distribución de planta idónea para este servicio, considerando la demanda futura para estos centros de inspección y como se podría optimizar las demoras en el servicio.

Por último, el objetivo principal de la tesis es desarrollar un plan de mejora de procesos en todas las áreas operativas del servicio y plantear una distribución de planta que se vaya modificando año tras año sin tener un impacto mayor en los costos, de esta manera se podrá atender una gran cantidad de vehículos.

# 1 CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Planeamiento del sistema

Para tener un mejor manejo de producto, proceso y sistema se debe realizar un planeamiento. Se entiende como planeamiento a la acción que orienta los recursos y acciones para alcanzar los objetivos de la empresa. Para ello es preciso conocer las demandas agregadas futuras, tal que los procesos puedan diseñarse o rediseñarse para crear flujos de productos necesarios para satisfacer la demanda. La figura 1.1 muestra la planificación, planeamiento y control que se puede llevar a cabo si se conoce la demanda.

El pronosticar es un requisito para todos los tipos de planeamiento y control empresarial.

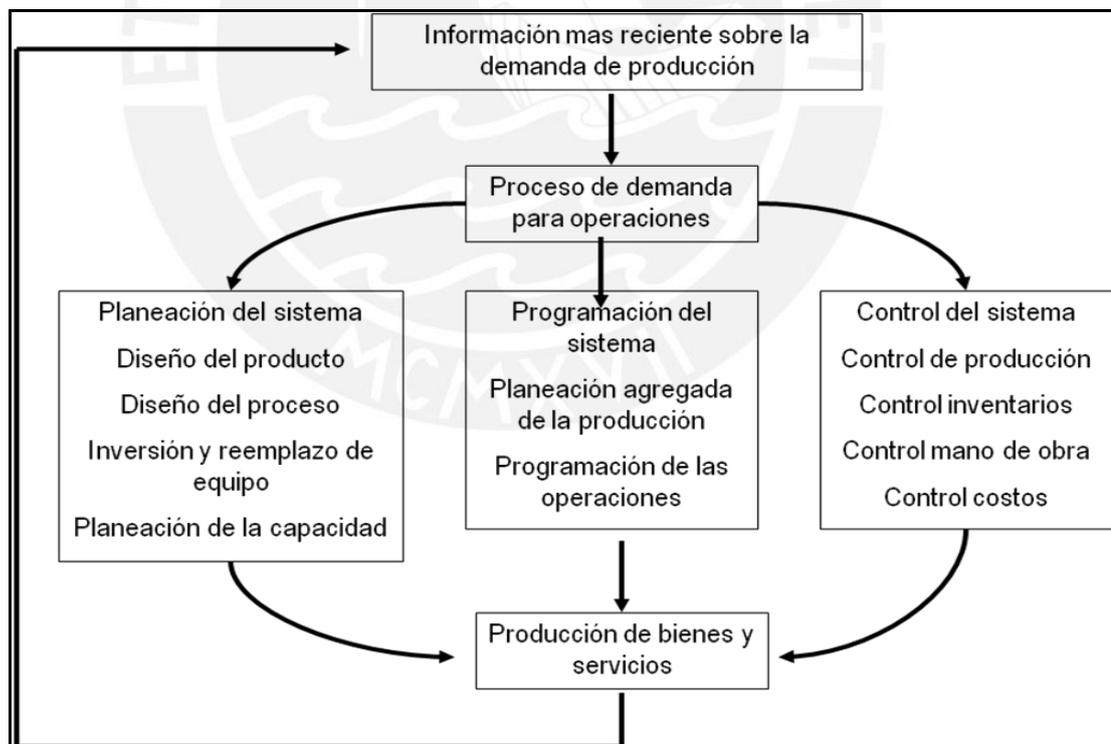


Figura 1-1 Planeamiento y control

Fuente: Krajewski (2008)

### 1.1.1 Patrones de demanda

Para pronosticar la demanda se debe determinar si la demanda sigue algún patrón o tendencia. Las observaciones repetidas de la demanda de un producto o servicio en el orden en que se realizan forman un patrón que se conoce como serie de tiempo, el cual presenta, según Krajewski (2008), los siguientes patrones básicos.

- Horizontal: la desviación de los datos en torno de una medida constante
- Tendencia: el incremento o decremento sistemático de la medida de la serie a través del tiempo
- Estacional: un patrón que se repite de incrementos o decrementos de la demanda, dependiendo del horario del día, la semana, el mes o la temporada
- Cíclico: una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsible de la demanda, los cuales se presentan en el transcurso de periodos más largos( años o decenios)
- Aleatorio: la variación imprevisible de la demanda

## 1.2 Pronósticos

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento ulterior mediante la proyección hacia el futuro de datos del pasado, los cuales son combinados sistemáticamente en forma predeterminada para calcular una estimación del futuro.

### 1.2.1 Diseño del sistema de pronósticos

Cuando se habla del diseño, se refiere a planificar el trabajo a realizar, en este punto se debe tomar en cuenta que es lo que se va a pronosticar, que tipo de técnica se va utilizar y elegir el método.

### **1.2.2 Selección de la demanda a pronosticar**

De acuerdo a Krajewski (2008), se necesita algún tipo de estimación de la demanda para los bienes y servicios individuales. Lo más sencillo de pronosticar es la demanda total para grupos o conjuntos y derivar después los pronósticos correspondientes a productos o servicios individuales.

Al agrupar varios productos o servicios similares es un proceso llamado agregación. Agregación se define como el acto de agrupar varios productos o servicios similares para que las compañías puedan realizar pronósticos más precisos.

### **1.2.3 Selección del método del pronóstico**

Un factor clave en la selección del método de pronóstico más adecuado es el horizonte de tiempo correspondiente a la decisión que requiera pronosticarse. Los pronósticos pueden ser a corto, mediano y largo plazo.

### **1.2.4 Métodos de pronósticos**

El objetivo es elaborar un pronóstico útil aplicando la técnica que resulte apropiada para los diferentes patrones de demanda. Para los pronósticos de la demanda se usan dos tipos generales de técnicas: los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos. Según Krajewski (2008), entre los métodos cuantitativos y cualitativos se encuentran los siguientes.

#### **1.2.4.1 Métodos de juicio**

Es un tipo de método cualitativo en el que prevalecen las opiniones de gerentes y expertos en el tema, los resultados de las encuestas y las estimaciones del personal de ventas. A continuación se detallarán los cuatro métodos de juicio que se utilizan con mayor frecuencia.

#### 1. Estimación del personal de ventas

Son pronósticos compilados a partir de estimaciones de la demanda futura que realizan periódicamente los miembros del personal de ventas de las compañías.

#### 2. Opinión ejecutiva

Es un método de pronósticos en el cual se prepara un resumen de las opiniones, experiencia y conocimientos técnicos de uno o varios gerentes para llegar a un solo pronóstico.

#### 3. Investigación de mercado

Se trata de un método sistemático para determinar el grado de interés del consumidor externo por un producto o servicio mediante la creación y puesta a prueba de diversas hipótesis por medio de encuestas encaminadas a la recopilación de datos.

#### 4. Método Delphi

Se trata de un proceso para obtener el consenso dentro de un grupo de expertos al tiempo que se respeta el anonimato de sus integrantes.

### **1.2.4.2 Métodos causales**

Los métodos causales se emplean cuando se dispone de datos históricos y se puede identificar la relación entre el factor que se intenta pronosticar y otros factores externos o internos. Estos métodos proporcionan herramientas de pronósticos más avanzadas. Son excelentes para prever los puntos de cambio en la demanda y preparar pronósticos a largo plazo. Krajewski (2008)

Existen los siguientes métodos causales:

#### **a) Regresión lineal**

Es un método causal en el que una variable, conocida como variable dependiente, se encuentra relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal. Se entiende por variable dependiente como la variable que se

desea pronosticar y por variable independiente como la variable que se supone influye en la variable dependiente y, por ende, son la causa de los resultados observados en el pasado.

$$Y = a + b X$$

Dónde: Y = Variable dependiente  
 X = Variable independiente  
 a = Intersección de la recta con el eje Y  
 b = Pendiente de la recta

#### 1.2.4.3 Método de series de tiempo

Los métodos de series de tiempo usan información histórica que solo se refiere a la variable dependiente. Estos métodos se basan en la suposición de que el patrón de la variable dependiente en el pasado habrá de continuar en el futuro.

#### 1.2.4.4 Promedios móviles simples

Es un método de series de tiempo que se usa para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda promediando la demanda de los “n” periodos más recientes. Este método resulta más útil cuando la demanda no tiene tendencias pronunciadas ni influencias estacionales.

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Dónde:  $D_t$  = Demanda real en el periodo t  
 n = Número total de periodos incluidos en el promedio  
 $F_{t+1}$  = Pronóstico para el periodo t+1

### a) Promedios móviles ponderados

Se trata de un método de series de tiempo en el que cada una de las demandas históricas que intervienen en el promedio puede tener su propia ponderación; la suma de las ponderaciones es igual a 1.0. Estas técnicas son más sensibles a los cambios porque los períodos más recientes se ponderan con mayor peso.

$$F_{t+1} = 0.5D_t + 0.3D_{t-1} + 0.2D_{t-2}$$

Dónde:  $D_t$  = Demanda real en el periodo t

$F_{t+1}$  = Pronóstico para el periodo t+1

### b) Suavización exponencial

El método de suavización exponencial es un método de promedio móvil ponderado de mejor ajuste, el cual permite calcular el promedio de una serie de tiempo asignando a las demandas recientes mayor ponderación que las demandas anteriores. Requiere del último pronóstico, la demanda de ese periodo y un parámetro suavizador, alfa ( $\alpha$ ), cuyo valor fluctúa entre 0 y 1.0.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

Dónde:  $D_t$  = Demanda real en el periodo t

$F_{t+1}$  = Pronóstico para el periodo t+1

### c) Suavización exponencial ajustado a la tendencia

Es un método que incluye la tendencia en la serie de tiempo. Se entiende por tendencia a un incremento o decremento sistemático en el promedio de la serie a través del tiempo.

$$FAT_t = F_t + T_t$$

Dónde:  $FAT_t$  = Pronóstico con ajuste de tendencia en el tiempo t

$F_t$  = Nuevo pronóstico

$T_t$  = Corrección de tendencia

Para suavizar o alisar la tendencia la ecuación utiliza una constante de alisado  $\beta$ . Se tiene lo siguiente:

$$T_t = (1 - \beta) T_{t-1} + \beta (F_t - F_{t-1})$$

Dónde:  $T_t$  = Tendencia suavizada para el periodo t

$T_{t-1}$  = Tendencia suavizada para el periodo anterior

$\beta$  = Constante de suavizado de tendencia que seleccionamos

$F_t$  = Pronóstico con suavizado exponencial para el periodo t

$F_{t-1}$  = Pronóstico para el periodo anterior

#### d) Estacional multiplicativo

Este es un método en el cual los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio y, así, se obtiene un pronóstico estacional. A continuación se detallan los cuatro pasos a seguir para la aplicación del método, definición de Vargas (2010)

1. Para cada año, calcule la demanda promedio por estación, dividiendo la demanda anual entre el número de estaciones por año.
2. Para cada año, divida la demanda real correspondiente a una estación entre la demanda promedio por estación. El resultado así obtenido será un índice estacional para cada una de las estaciones del año, el cual significa el nivel de demanda en relación con la demanda promedio.
3. Calcule el índice estacional promedio para cada estación, sume los índices estacionales para una estación dada y divídalos entre el número de años que abarquen los datos.
4. Calcule el pronóstico de cada estación para el año siguiente.

### 1.2.4.5 Selección de un método de serie de tiempos

Se debe tomar en cuenta, al seleccionar un método de series de tiempos, el desempeño del pronóstico, el cual determina los errores del pronóstico. Todo método de serie de tiempos será evaluado mediante los errores.

#### a) Error de pronóstico

La definición de Krajewski (2008) indica que los errores de pronóstico se clasifican de dos maneras: ya sea como errores de sesgo o como errores aleatorios. El error de sesgo es el resultado de equivocaciones sistemáticas; en cambio, el error aleatorio es el resultado de factores imprevisibles que provocan que el pronóstico se desvíe de la demanda real.

- Error de pronóstico

$$E_t = D_t - F_t$$

- Suma acumulada de errores de pronóstico (CFE)

$$CFE = \sum E_t$$

$$\bar{E} = \frac{CFE}{n}$$

- Error cuadrático medio (MSE)

$$MSE = \frac{\sum E_t^2}{n}$$

- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (e_t - \bar{e}_t)^2}{n-1}}$$

- Desviación media absoluta (MAD)

$$MSE = \frac{\sum |E_t|}{n}$$

- Error porcentual absoluto

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{e_t}{d_t} \times 100 \right|$$

## b) Señal de rastreo

Es la medida que indica si un método de pronóstico está previniendo con precisión los cambios reales de la demanda.

$$\text{Señal de Rastreo} = \frac{C.F.E.}{M.A.D.}$$

De acuerdo a Krajewski (2008), esta relación permite el uso de tablas de probabilidad normal para especificar los límites de la señal de rastreo. Si dicha señal queda fuera de esos límites, eso indica que el modelo de pronóstico ya no está reflejando correctamente la demanda.

## 1.3 Balance de línea

Para Rau (2010), el balance de línea consiste en la sincronización de un grupo de puestos y estaciones de trabajo a fin de equilibrar sus cargas. Este método tiene como objetivos reducir esperas e inventarios en procesos, reducir las esperas por recibir trabajo de un puesto precedente, reducir los inventarios en proceso (acumulación entre puestos) y eliminar cuellos de botella.

### 1.3.1 Tiempo de ciclo

Es el tiempo total necesario para obtener una unidad de producción (UP). Dicho tiempo transcurre desde la ejecución de la primera actividad, de una estación de trabajo, hasta que se vuelva a repetir, cerrando el ciclo de UP.

$$T_{\text{ciclo}} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{demanda diaria}}$$

### 1.3.2 Cadencia

La cadencia de producción es el tiempo transcurrido entre la obtención de UP y la siguiente. La cadencia del puesto o estación de trabajo viene a ser el TE (Tiempo estándar) y la cadencia de la línea de producción está definida por el puesto de mayor TE (tiempo estándar) de la línea de producción.

### 1.3.3 Capacidad

La capacidad refiere al máximo que se puede producir bajo ciertas condiciones dadas, como diseño de planta, tecnologías procesos, productos, entre otros. En nuestro caso aplicativo sería la cantidad de vehículos atendidos en un periodo de tiempo.

### 1.3.4 Número de máquinas o estaciones

Definición de Rau (2010), es el número de máquinas asignadas, en este caso el número de estaciones de trabajo o el número de líneas de inspección, el número de estaciones depende de la funcionalidad del puesto o estación de trabajo.

$$N^{\circ} \text{ de } \textit{maquinas} = \frac{\textit{TEajustado}}{\textit{Cadencia}}$$

## 1.4 Estudio de tiempos

Según Niebel (2004), el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental:

- Un cronómetro
- Un tablero de observaciones

### 1.4.1 Tiempo normal

Es el tiempo medio observado, el cual se obtuvo en el muestreo, multiplicado por su factor de valoración.

$$TN = TMO \times FV$$

TN = Tiempo Normal

TMO = Tiempo Medio Observado

FV = Factor de Calificación por Velocidad

### 1.4.2 Suplementos

Los suplementos por descanso (esto quiere decir a reponerse de la fatiga) conforman la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo estándar. Los demás suplementos, como contingencias, por razones políticas de la empresa, solo se aplican bajo ciertas condiciones. La figura 1.2 relaciona necesidades con tipos de suplementos.

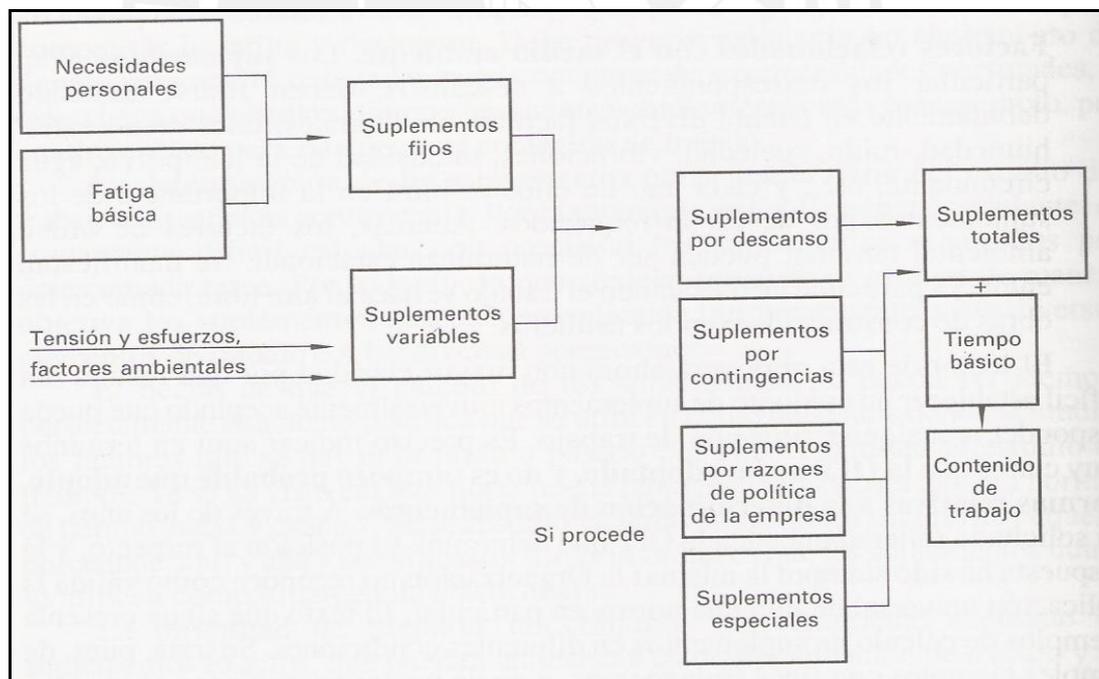


Figura 1-2 Suplementos

Fuente: OIT (1996)

### 1.4.3 Tiempo estándar

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

Para mayor precisión del tiempo estándar existe el tiempo estándar ajustado, el cual está afectado por la eficiencia y la utilización.

$$TE = TN \times (1 + S)$$

Dónde: TN = Tiempo Normal

TE = Tiempo Estándar

S = Suplementos

## 1.5 Distribución de planta

Muther (1981) señala que la disposición de planta es el ordenamiento físico de los factores de la producción, en el cual cada uno de ellos está ubicado de tal modo que las operaciones sean seguras, satisfactorias y económicas en el logro de sus objetivos. Esta disposición de planta puede ser una disposición física ya existente o una nueva disposición proyectada.

### 1.5.1 Objetivos de una distribución física

El objetivo principal consiste en diseñar un ordenamiento de las áreas de trabajo y del equipo que sea el más económico para el trabajo, al mismo tiempo que sea el más seguro y satisfactorio para los empleados. Según Tompkins (2006), estos son los principales objetivos:

- Integración conjunta de todos los factores que afecten a la distribución
- Movimiento de material según distancias mínimas
- Circulación del trabajo a través de la planta

- Utilización efectiva de todo el espacio
- Satisfacción y seguridad de los trabajadores
- Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste

### 1.5.2 Tipos de distribución

- Orientada al proceso (talleres)
- Orientada al producto (procesos repetitivos o continuos)
- Posición fija
- De las oficinas
- De los almacenes
- De los servicios
- De oficinas

### 1.5.3 Factores que afectan la distribución

Para Muther (1981), el estudio de los factores de disposición de planta no debe orientarse solamente hacia el logro de una alta productividad, sino en enfocar los esfuerzos para lograr un alto desempeño de sus procesos basados en sistemas de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

#### a) Factor material

Uno de los factores importantes para la disposición de planta es este factor, pues su tipo, variedad y cantidad dependen por lo general del tipo de sistema de producción. Para el factor material se debe tener en cuenta el diseño del material, características, formas de combinarse con otros materiales, cantidad de material a utilizar y frecuencia de uso. Algunos ejemplos de materiales:

- Materias primas
- Material auxiliar
- Material en proceso
- Productos acabados
- Productos defectuosos
- Piezas y partes
- Virutas, mermas
- Material de mantenimiento

#### **b) Factor maquinaria**

En este factor se tiene que considerar la descripción de la maquinaria (características, utilización, etc.) y, sobre todo, el número de máquinas necesarias para cumplir con la demanda proyectada.

- Maquinarias de producción
- Equipos de procesos
- Herramientas, moldes, patrones
- Maquinaria de repuesto y mantenimiento

#### **c) Factor hombre**

En este factor se tiene que considerar las condiciones de trabajo y seguridad, necesidades de mano de obra.

- Mano de obra directa e indirecta
- Personal eventual
- Jefes

#### **d) Factor movimiento**

En este factor se tiene que tomar en cuenta el manejo de materiales, métodos de manejo, unidad de carga, selección de equipo de acarreo, equipos de trayectoria fija y equipo móvil.

- Movimiento de maquinaria
- Movimiento de material y hombres
- Movimientos de hombres y maquinarias

#### **e) Factor edificio**

En este factor se va tomar en cuenta el estudio de suelos, niveles de pisos de edificación, vías de circulación, puertas de acceso y salidas, techos, ventanas, anclajes de maquinaria y áreas de almacenamiento.

#### **f) Factor espera**

Este factor toma en cuenta los puntos de demora o espera, algunos ejemplos de áreas de espera.

- Áreas de recepción
- Almacén de material primas
- Demoras
- Equipos sin utilizar

#### **g) Factor servicio**

Este factor tiene como puntos relevantes el servicio relativo al personal, material, maquinaria y de edificio.

- Cafetería

- Iluminación
- Vías de acceso
- Ventilación
- Control de producción
- Instalaciones eléctricas
- Señalización de seguridad
- Ambiente de calidad en el trabajo.

#### **h) Factor cambio**

El proyecto de distribución de planta deberá contemplar cambios futuros, de modo que la inversión realizada permita a la empresa cumplir con sus demandas de mercado y requerimientos de producción en el horizonte de tiempo establecido para el proyecto. Es por ello que este factor tiene como puntos relevantes la adquisición de tecnología, comportamiento o segmentación del mercado, servicios, infraestructura, crecimiento escalonado y la empresa en la sociedad del conocimiento. Muther (1981)

#### **1.5.4 Planeamiento sistemático para la distribución de planta**

Para Diaz (2007), este método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. La figura 1.3 muestra las etapas del planeamiento sistemático de distribución.

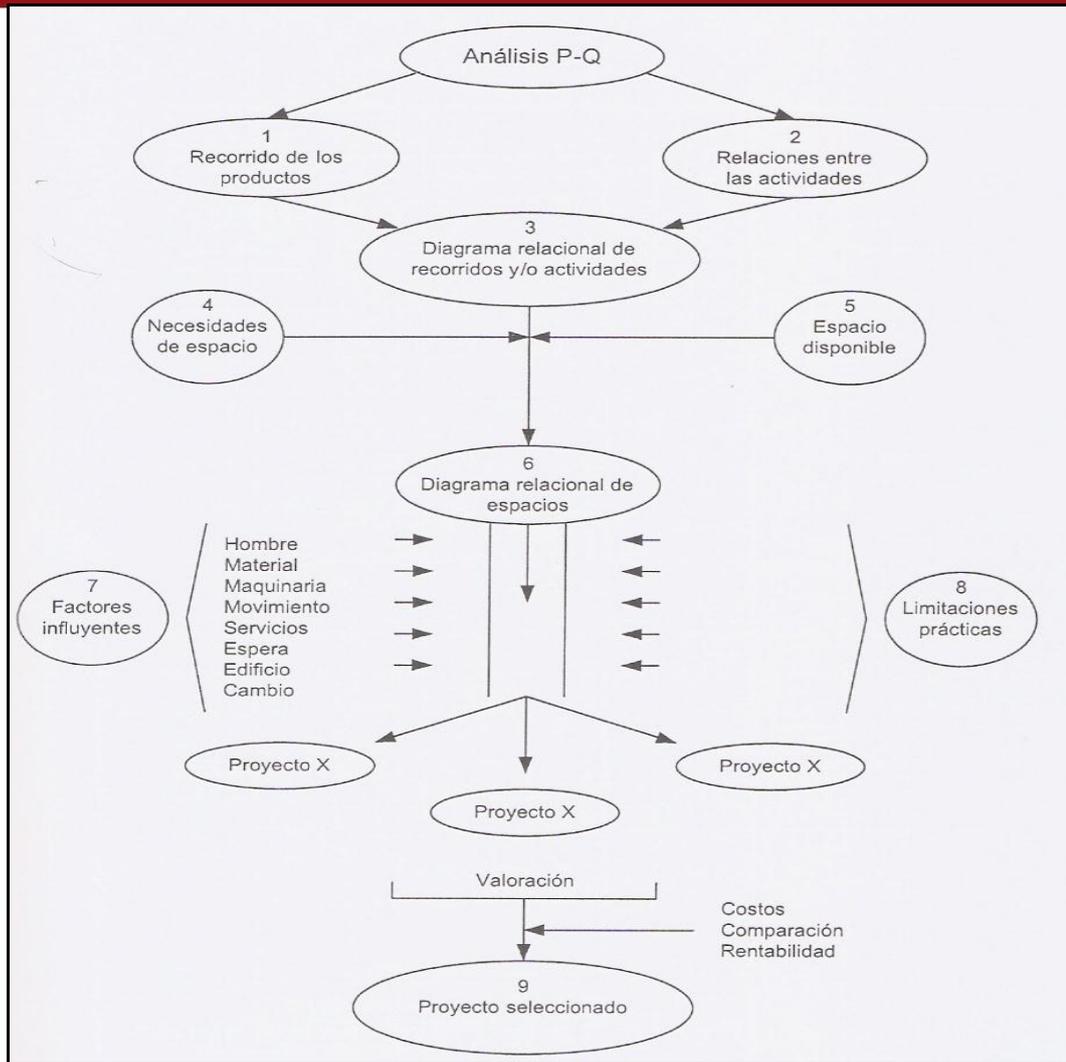


Figura 1-3 Fases de distribución

Fuente: Díaz (2007)

### 1.5.4.1 Herramientas del Planeamiento Sistemático de Distribución

Las herramientas del PSD son de diversos tipos, existen herramientas para recojo de información, diagramación de procesos, relación de actividades, calculo de espacios y diagramación en conjunto. La figura 1.4 muestras las herramientas del planeamiento y la relación que existe entre ellas.

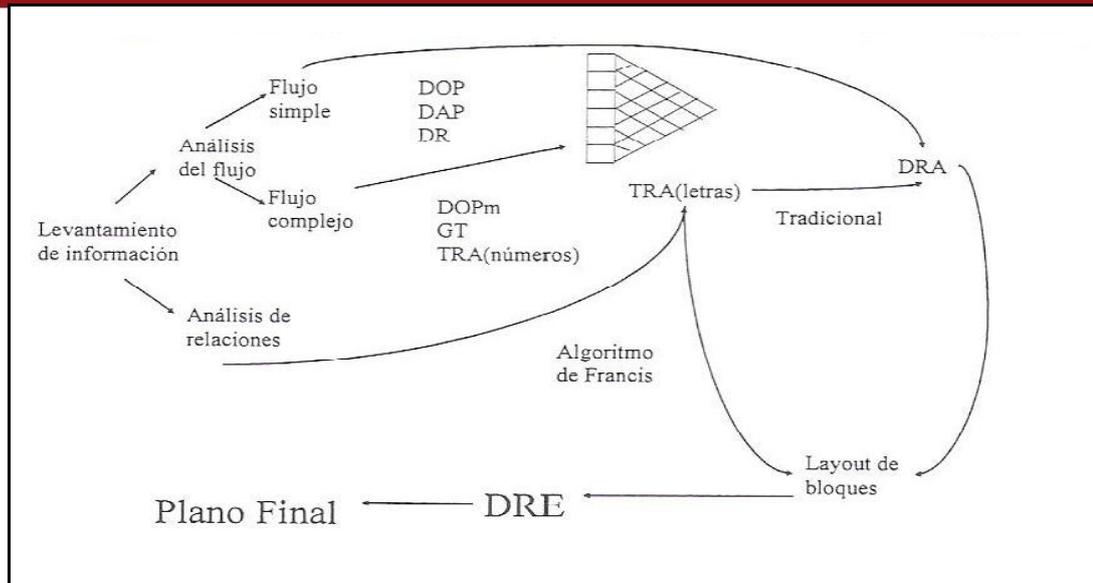


Figura 1-4 Etapas del PSD

Fuente: Rau (2010)

### a) Diagrama de flujo de procesos

A continuación se presenta algunas de las herramientas usadas para diagramar los procesos existentes o propuestos.

#### DAP

Este diagrama que muestra la trayectoria de un operario, material o utilización de la máquina. Además señala todos los hechos, distancias y tiempos. Cada acción es identificada con un símbolo. La figura 1.5 especifica la simbología del diagrama.

#### DIAGRAMA DE RECORRIDO

Niebel (2004), menciona que este diagrama plasma el flujo de operaciones en un plano a escala, donde se especifica la posición de las máquinas y el traslado del material, en este caso aplicativo. Representaría el trayecto que realiza el vehículo hasta culminar el servicio.

<p><b>Operación</b></p> <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	<p>Martillar</p>	<p>Mezclar</p>	<p>Taladrar o barrenar</p>
<p><b>Transporte</b></p> <p>Una flecha indica un transporte, como</p>	<p>Mover material en vehículo</p>	<p>Mover material por banda transportadora</p>	<p>Mover material cargado (mensajero)</p>
<p><b>Almacenamiento</b></p> <p>Un triángulo indica un almacenamiento, como</p>	<p>Materia prima almacenada a granel</p>	<p>Producto terminado apilado en tarimas</p>	<p>Archivo de documentos</p>
<p><b>Demora</b></p> <p>Una letra D mayúscula indica una demora, como</p>	<p>Esperar el elevador</p>	<p>Material en espera de ser procesado</p>	<p>Documentos en espera para archivar</p>
<p><b>Inspección</b></p> <p>Un cuadrado indica una inspección, como</p>	<p>Examinar calidad y cantidad</p>	<p>Lectura de niveles en caldera</p>	<p>Examinar información en forma impresa</p>

Figura 1-5 Conjunto estándar de símbolos para diagramas de proceso según ASME

Fuente: Niebel (2004)

**b) Diagrama de relación de actividades**

Muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios con cualquier otro departamento y área. Se emplean en este caso símbolos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación (TRA). La figura 1.6 y 1.7 muestran los grados de cercanía existentes entre áreas.

<i>Código</i>	<i>Definición</i>
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Figura 1-6 Relación de actividades (TRA)

Fuente: Meyers (2006)

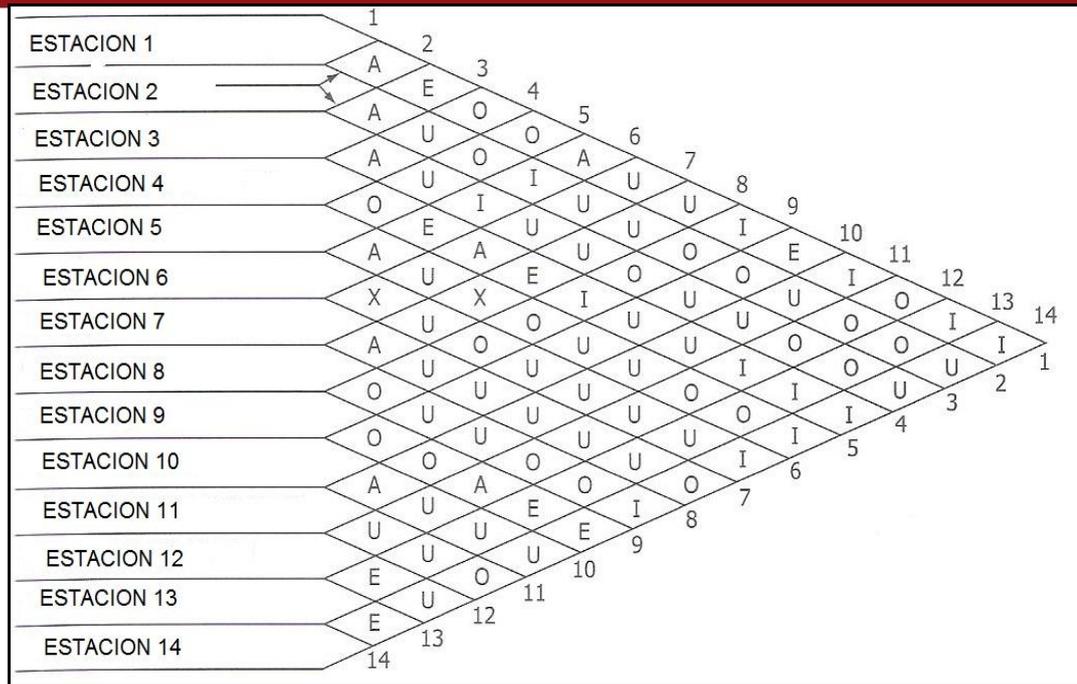


Figura 1-7 Diagrama de relación de actividades (DRA)

Elaboración propia

### c) Layout de bloques unitarios

Según Meyers (2004) es una herramienta que ayuda a plasmar en un plano las relaciones de actividades, la proximidad que pueden tener entre áreas. Se agregan todos los departamentos a distribuir.

### d) Cálculo de espacios

De acuerdo a Meyers (2004), el método de Guerchet, calcula el requerimiento de espacio que requiere cada una de las máquinas, área administrativa, almacenes, etc.

#### Área total requerida

$$ST = SS + SG + SE$$

### **Superficie estática (SS)**

Es el área fija mínima, trabaje o no la máquina. Esta área es por estación o por máquinas. No se incluyen elementos móviles.

$$SS = LARGO \times ANCHO$$

### **Superficie gravitacional (SG)**

Indica el área requerida con la máquina operando.

$$SG = \# \text{ de lados o frentes de operacion} \times SS$$

### **Superficie evolutiva (SE)**

En este espacio se considera el movimiento de elementos, espacio para pasillos.

$$SE = 0.5 \times (SS + SG) \times (hm / hf)$$

Donde : Hm y Hf: altura promedio ponderada de elementos móviles y fijos respectivamente

### **e) Diagrama relacional de espacios (DRE)**

Una vez diagramado el LBU, se procede a realizar el DRE, este diagrama incluye las dimensiones de cada una de las áreas y un orden tentativo, este método no evalúa flujo del proceso.

### **f) Distribución General en Conjunto (DGC)**

Una vez obtenido el layout de bloques unitarios y determinados los espacios, se procede a diseñar la distribución deseada. Este método considera los limitantes del área, evalúa el mejor flujo y las necesidades de producción, y establece patrones básicos de circulación. La figura 1.8 detalla un diseño de distribución general en conjunto.

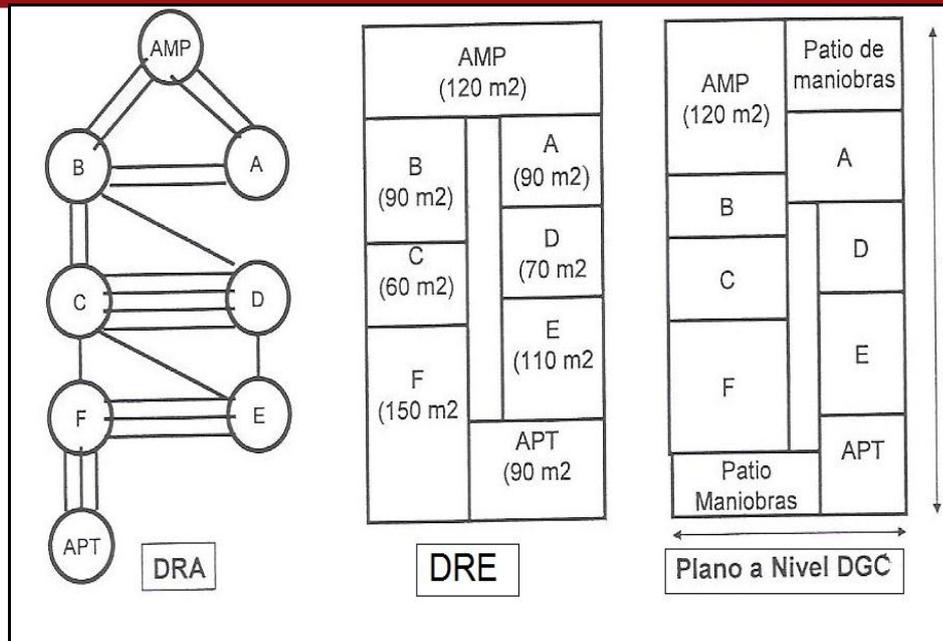


Figura 1-8 Distribución general de conjunto (DGC)

Fuente: Rau (2010)

## 1.6 Herramientas de calidad

Existen nueve herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización.

### 1.6.1 Técnicas de análisis de problemas

Un problema se define como cualquier evento no deseado que generalmente es inadvertido hasta que comienza a generar rechazos y que, por lo tanto, requiere una solución. Un problema representa, así, una oportunidad de mejora que la empresa no debe descartar. De forma simplificada, podemos definir un problema como una desviación de lo normal. La figura 1.9 muestra la esquematización un problema.

$$\text{NORMAL (PREVISTO)} \pm \text{REALIDAD} = \text{DESVIACIÓN}$$

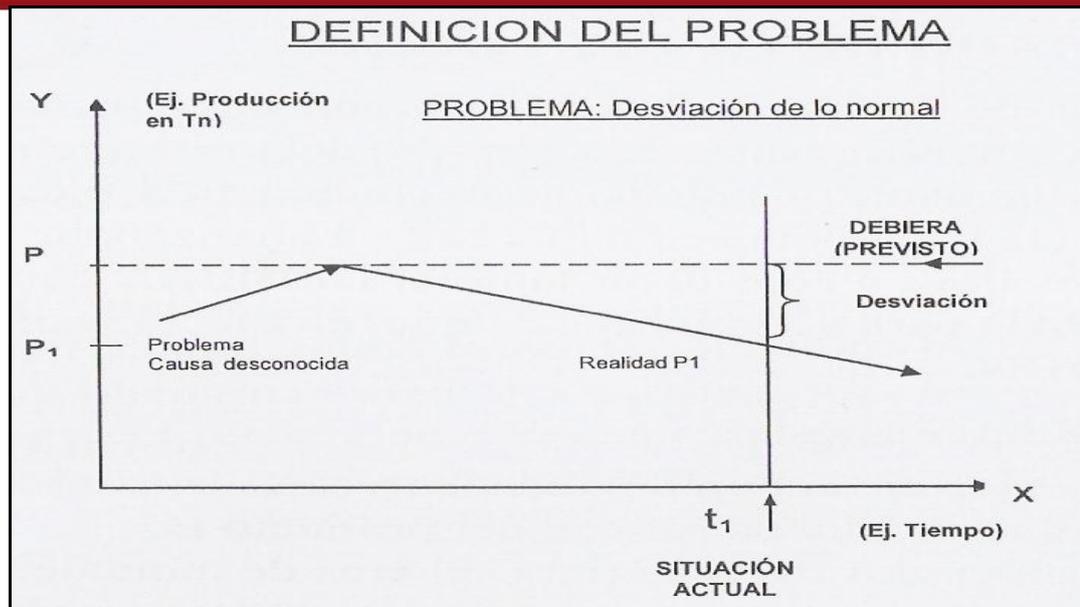


Figura 1-9 Definición del problema

Fuente: Programa de capacitación del Instituto para la Calidad

### Etapas

1. Enunciado de la desviación
2. Especificación del problema
3. Desarrollo de posibles causas
4. Prueba de posibles causas
5. Verificación de la causa más probable

### 1.6.2 Diagrama de Pareto

Según Krajewski (2000), el diagrama de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos será de mayor utilidad, que reducir los problemas más pequeños. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir

que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

### 1.6.3 Diagrama de flujo

Se usa, en principio, para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura o en procedimientos aplicables a un componente o secuencia de trabajos específicos. El diagrama de flujo del proceso es valioso en especial al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez detectados estos periodos no productivos, se pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, disminuir sus costos.

### 1.6.4 Diagrama causa/efecto

El diagrama causa - efecto es un método sistematizado de trabajo en grupo que ilustra con claridad las diversas causas que afectan a un resultado, clasificándolas y vinculándolas entre sí. Krajewski (2000)

Pasos:

1. Definir el problema y escribirlo encerrado en un rectángulo
2. Trazar una línea horizontal hacia la izquierda a partir de la cara izquierda del rectángulo
3. Escribir las causas principales en rectángulos y unirlos con líneas a la línea principal
4. Efectuar una lluvia de ideas para ir añadiendo factores a cada causa principal
5. Someter el diagrama al análisis grupal
6. Determinar las causas más probables

### 1.6.5 Histogramas

Un histograma se utiliza para investigar los patrones de los datos, donde se refleja la variación presente en un conjunto de datos tomados de un proceso. La aplicación de los histogramas está recomendada como análisis inicial en todas las recopilaciones de datos que corresponden a una variable continua. Está basado en los conceptos de clase y frecuencia.

### 1.6.6 Diagrama de dispersión

Lo que señala Montgomery (2005) es que los diagramas de dispersión o gráficos de correlación permiten estudiar la relación entre dos variables. Dadas dos variables, X e Y, se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de X, aumenta proporcionalmente el valor de Y (correlación positiva) o, si cada vez que aumenta el valor de X, disminuye en igual proporción el valor de Y (correlación negativa).

Sin embargo, obtener el modelo de regresión no es suficiente para establecer la regresión, ya que es necesario evaluar qué tan adecuado es el modelo de regresión obtenido. Para esto se hace uso del coeficiente R, el cual mide el grado de relación existente entre las variables.

### 1.6.7 Lista de verificación

Es una forma ordenada de recopilar los datos. Estos datos analizados y depurados se convertirán luego en información. La lista de chequeo es un impreso, preparado por anticipado, para registrar datos. Con esta lista se simplifica la labor del recopilador de datos.

### 1.6.8 Gráficos de control

De acuerdo a Montgomery (2005), los gráficos de control se pueden aplicar siempre que podamos efectuar mediciones a eventos repetitivos, y que dichos eventos se encuentren en un proceso estable. Un proceso es estable si sus resultados se encuentran bajo control estadístico.

El proceso está bajo control estadístico si sus resultados son previsibles, es decir, que se encuentran dentro de ciertos límites, a los que se conoce como límites de control. Por su parte, los límites de control se calculan con fórmulas estadísticas y son propios de cada proceso.

### a) Gráficos de control por variables

La información por variables es obtenida midiendo y registrando la magnitud numérica de una de las características para cada una de las unidades evaluadas. Montgomery (2005)

Pasos:

1. Definir el proceso a estudiar
2. Escoger el tamaño del sub-grupo
3. Escoger intervalos establecidos previamente
4. Calcular promedio y desviación de los datos para cada sub-grupo
5. Graficar en un eje cartesiano los valores obtenidos para X y S.

$$LCS = \bar{X} + A_3 \times \bar{S}$$

$$LCSS = B_4 \times \bar{R}$$

$$LCI = \bar{X} - A_3 \times \bar{S}$$

$$LCIS = B_3 \times \bar{R}$$

### b) Gráficos de control por atributos

Los atributos son las características que poseen un producto o servicio. Estas características pueden o no existir y es posible contarlas. Las gráficas de atributos se utilizan para estudiar la estabilidad de procesos al paso del tiempo siempre y cuando se pueda realizar una cuenta de no conformidades. Montgomery (2005)

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{p \times (1-p)}{n}}$$

$$LCS = n \times \bar{p} + 3\sqrt{\frac{n \times p \times (1-p)}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{p \times (1-p)}{n}}$$

$$LCI = n \times \bar{p} - 3\sqrt{\frac{n \times p \times (1-p)}{n}}$$

Dónde: n= Tamaño de subgrupo

p= Fracción no conforme

np= Número de unidades no conformes

### 1.6.9 Metodología 5s

Hiroyuki (2002), señala que la metodología 5s se enfoca en generar lugares de trabajo bien organizados, más limpios y ordenados. Esta filosofía es aplicada de forma permanente para lograr un mejor entorno de trabajo y, sobre todo, una mayor productividad. Esta metodología consta de cinco etapas, como se muestra en la figura 1.10.

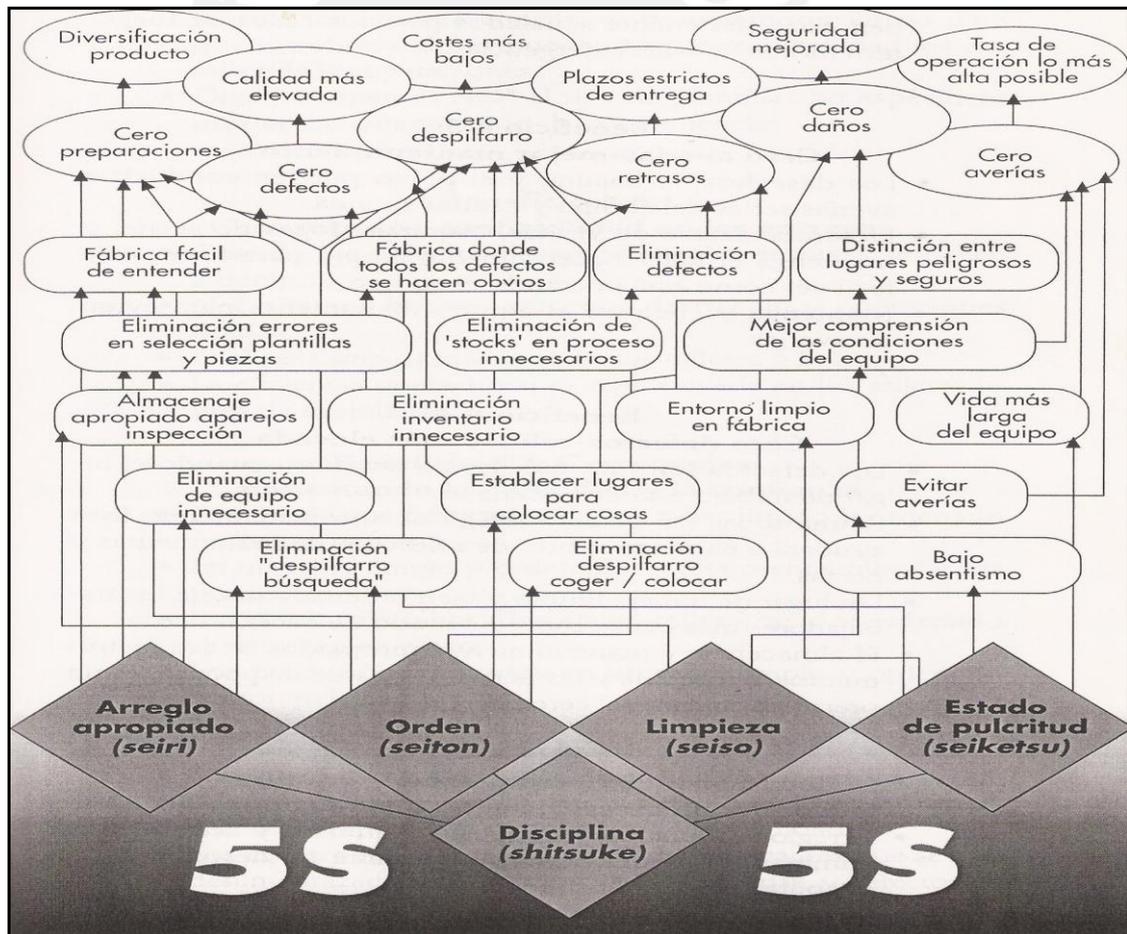


Figura 1-10 Ocho beneficios de las 5S  
Fuente: Manual para la implantación del JIT

## 2 CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU ENTORNO

La organización que será objeto de estudio es una planta de revisiones técnicas vehiculares que presenta como actividad principal el servicio de inspección técnica vehicular. Entiéndase por servicio de inspección a la revisión de todos los componentes del vehículo, luces, suspensión, frenos, emisión de gases e inspección visual. La empresa tiene actualmente cinco locales en funcionamiento, el local que será sujeto de estudio será el local que atiende a vehículos livianos, la cual presente la mayor demanda dentro de sus locales

### 2.1 Reseña histórica de la empresa

Es una empresa que brinda el servicio de revisiones técnicas vehiculares. El producto que ofrece es la realización de revisiones técnicas a todos los vehículos que tengan más de tres años de antigüedad (tabla de revisiones). La revisión técnica de los vehículos consiste en evaluar al vehículo en emisión de gases, luces, inspección visual (mecánica, no mecánica), frenos y suspensión. Todas las empresas de revisiones técnicas vehiculares son reguladas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los principales servicios que brinda la empresa se mencionan a continuación.

- Revisiones técnicas para vehículos pesados (camiones, buses, etc.)
- Revisiones técnicas para vehículos livianos (autos, camionetas, etc.)

Con respecto a los clientes, la empresa ofrece sus servicios a todo el parque automotor que lo requiera, pero presenta como sus clientes más importantes a Transportes Oltursa, Pay Pay, Gloria, Línea y Translei.

### 2.1.1 Misión

Ser una empresa de clase internacional dedicada a crear cultura de mantenimiento vehicular permanente para alcanzar en el país una mayor seguridad vial y una disminución real de la contaminación del ambiente. Para ello se brinda el servicio de revisiones técnicas vehiculares, en el cual se comprueba el estado general de los vehículos a efecto de verificar que reúnan las condiciones mínimas de seguridad necesarias para que circulen sin constituir un peligro en las carreteras. De este modo, se contribuye a preservar la vida de todas las personas. Además, se cuenta con máquinas de última generación, personal altamente calificado y atención personalizada, para que los usuarios tengan la plena satisfacción de que su vehículo está en buenas manos.

### 2.1.2 Visión

La empresa busca convertirse en la empresa líder en servicios de inspección técnica vehicular a través de la calidad y eficiencia de su servicio, contribuyendo de esta manera a reducir la contaminación y los accidentes originados por un deficiente estado mecánico de los vehículos.

## 2.2 Organización

La empresa adopta el tipo de distribución funcional, aplica el principio de especialización de las funciones es por ello que está dividida por departamentos. La figura 2.1 muestra el tipo de organización.

Cuenta con cinco áreas principales, legal, administración, comercial, operaciones y mantenimiento. Las áreas principales dan soporte a todos los locales de revisión técnica.

Todos los locales tienen una misma estructura organizacional.

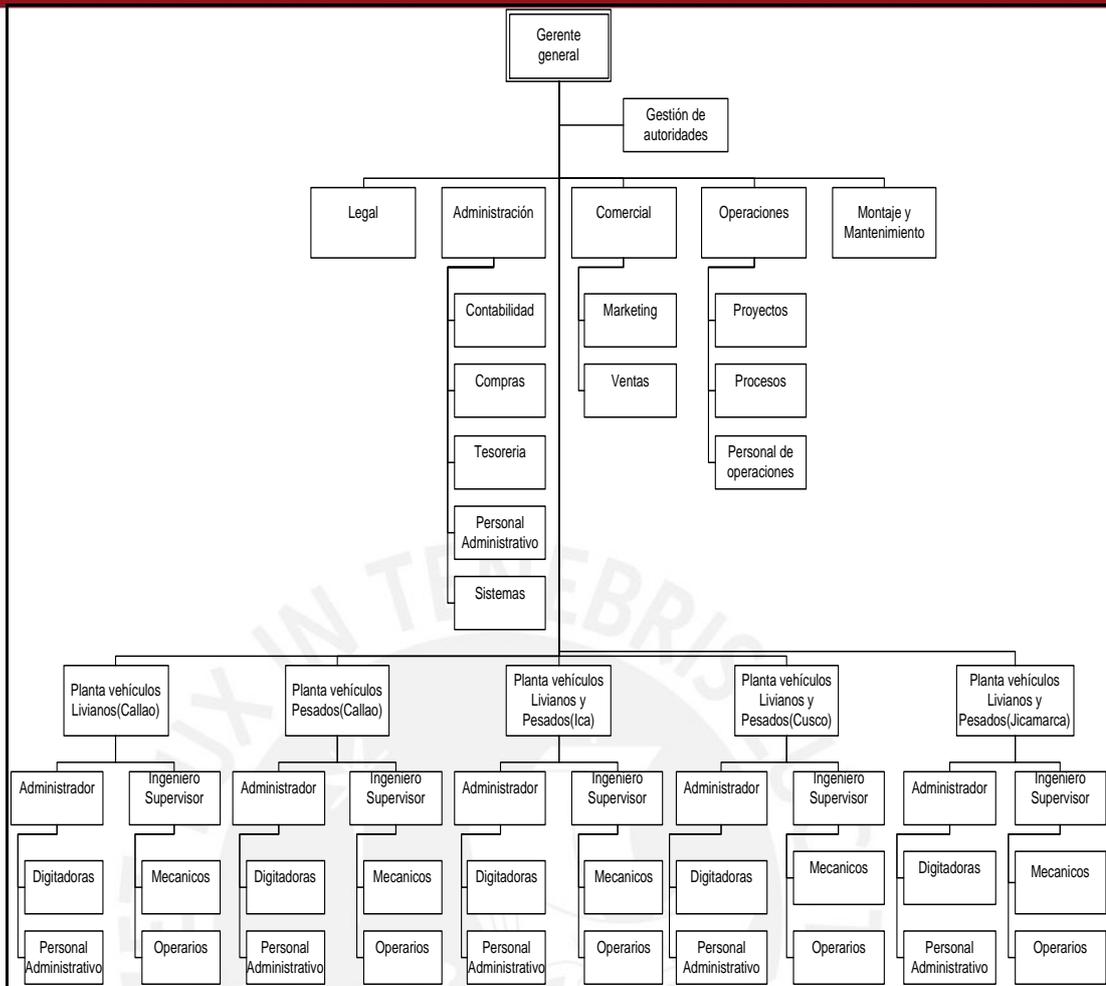


Figura 2-1 Organigrama de la empresa  
Elaboración propia

### 2.2.1 Cadena de valor

La tabla 2.1 muestra el valor de operaciones que tiene la empresa, en las áreas de logística, ventas y el propio servicio.

Tabla 2-1 Cadena de valor

<b>Abastecimiento</b>	Coordinación con proveedores para que entreguen hojas, soporte técnico y todo lo necesario en el tiempo requerido			
<b>Infraestructura de la empresa</b>	Área de Operaciones, Ventas, Personal Técnico Gerencia General			
<b>Administración de los recursos humanos y tecnológicos</b>	Proceso efectivo de selección del personal Beneficios laborales Herramientas informáticas (Internet, Autocad, Office)			
<b>Logística de Entrada</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Logística de Salida</b>	<b>Ventas y Marketing</b>	<b>Servicio</b>
Manejo de cantidades entrantes de papel, tinta, sticker  Manejo de repuestos para máquinas de línea de inspección  Información obtenida de cada cliente  Recepción de cita para revisión técnica	Rapidez en el servicio  Medición exacta de las operaciones, gases ,luces, etc.  Control de calidad	Entrega de certificados de operatividad	Volantes  Anuncios en diarios  Banners  Promoción en radio y televisión	Contacto con el cliente, garantía en el servicio, comodidad de instalaciones

Elaboración propia

### 2.2.2 Mapa de negocio

La figura 2.2 muestra cómo es que cada una de las entidades participantes del modelo de negocios contribuye con la empresa.

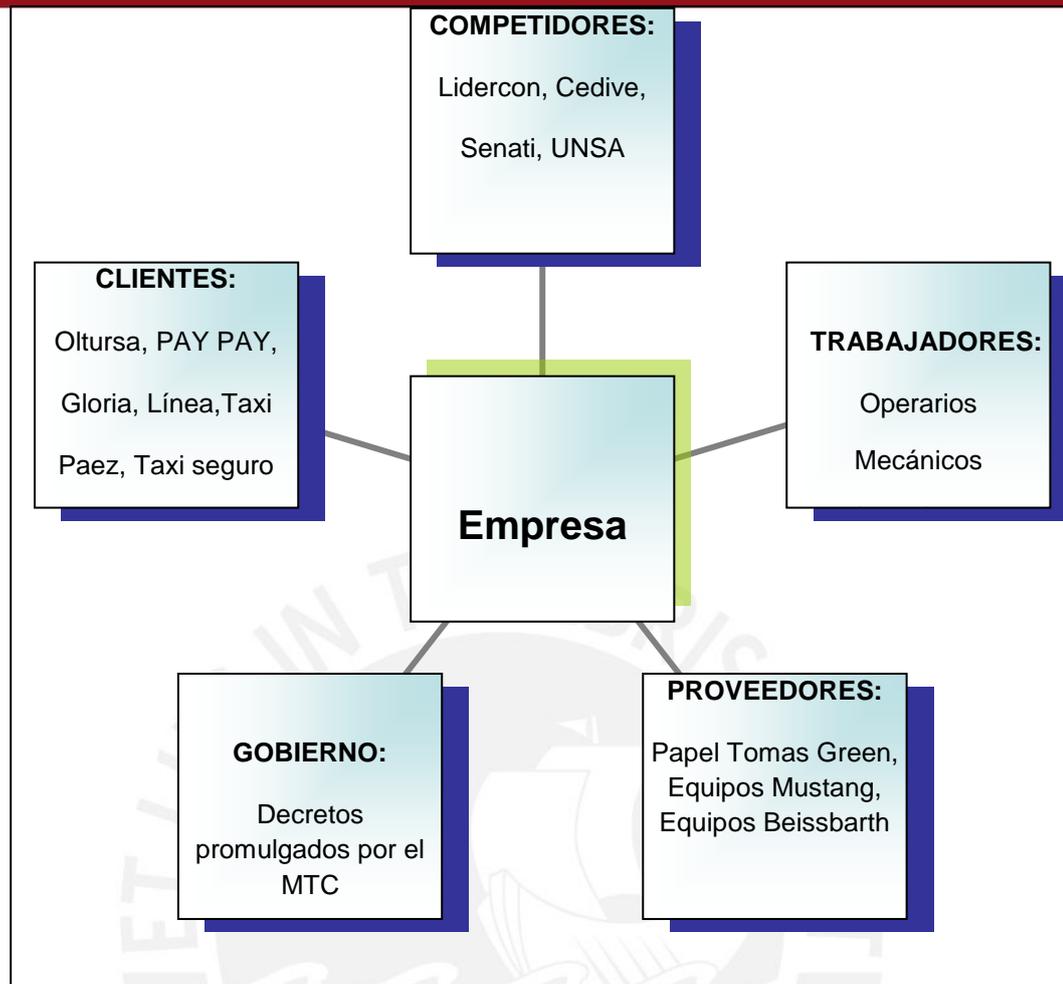


Figura 2-2 Mapa de negocio  
 Elaboración propia

## 2.3 Descripción del proceso de inspección técnica vehicular

El proceso de inspección técnica vehicular consta de seis etapas.

### 1) Verificación, identificación de documentos e ingreso de datos

Esta es la primera etapa del proceso, donde el cliente deberá presentar su voucher de pago. Posteriormente, se procederá con la identificación del vehículo mediante la verificación de los siguientes documentos: breveté del conductor, tarjeta de propiedad y SOAT vigente.

## 2) Medición de gases u opacidad

Si el vehículo es gasoliner, se usa el analizador de gases, el cual mide el proceso de combustión del motor, del cual se obtienen diversos gases y productos. Los más importantes son el CO (monóxido de carbono), el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), el O<sub>2</sub> (oxígeno) y los hidrocarburos no quemados (HC). El equipo analiza la composición de estos gases e indica en qué proporciones se encuentran los mismos respecto a los límites permisibles según la normativa del MTC. Por otro lado, si el vehículo cuenta con motor diésel, se utilizará un opacímetro. Los opacímetros son analizadores de cámara cerrada que funcionan bajo el procedimiento de muestreo de descargas parciales, que mide la condición en la cual una materia impide parcial o totalmente el paso de un haz de luz.

## 3) Medición de luces

Se mide la intensidad luminosa y la distancia de alumbrado de las luces altas y bajas de los faros delanteros del conductor y del pasajero. Se verifican las luces exteriores de retroceso, freno y de emergencia.

## 4) Inspección visual

Las inspecciones visuales tienen los siguientes aspectos:

Aspectos mecánicos:

- Suspensión (muelles, amortiguadores)
- Sistema de frenos (cañerías, bombas, compresor, ratchet, etc.)
- Hermeticidad de los tanques de combustible, de corona y de transmisión, carter
- Revisión y control de número de motor y el número de serie de chasis
- Dirección (barras, rotulas)

Aspectos exteriores:

- Láminas retroreflectivas
- Parachoques

- Parabrisas, limpiaparabrisas
- Estado de chasis
- Estado de neumáticos
- Cinturones de seguridad
- Tablero general
- Equipo de seguridad (extintor, cuña, triángulo de seguridad, botiquín)

## 5) Test line (alineamiento al paso/suspensión/frenos)

### Alineamiento al paso

Se verificará el alineamiento de las ruedas delanteras y posteriores. El cálculo de alineamiento consiste en calcular la inclinación de las ruedas respecto a la superficie.

### Suspensión

Se evalúa el estado de los amortiguadores. El cálculo de la suspensión consiste en determinar la eficiencia de los amortiguadores de cada tracción, tanto delantera como posterior.

### Frenos

Se comprobará la eficiencia, desbalance y arrastre de los frenos delanteros, posteriores y de peligro. Se calcula la eficiencia del frenado mediante la comparación de los pesos de cada eje.

## 6) Entrega de resultado de la inspección vehicular

De acuerdo a la tabla de identificación de defectos del MTC, se evaluarán los resultados y se emitirá un informe técnico donde se especificarán las faltas leves y graves del vehículo que tendrán que ser subsanadas en un plazo de 30 días sin costo alguno. Por otro lado, si el vehículo aprobó la inspección técnica, se emitirá

un certificado y se le entregará una calcomanía que deberá ser colocada en la parte derecha del parabrisas.

El diagrama de flujo de las seis etapas está representado en la figura 2.3, la cual muestra el proceso de inspección vehicular para vehículos livianos.

### 2.3.1 Función del personal en cada una de las estaciones

#### 1. Verificación, identificación de documentos e ingreso de datos

##### Digitadora:

Verifica la correcta identificación del vehículo y que el cliente haya realizado el pago correspondiente. Luego, ingresa los datos de los siguientes documentos (tarjeta de propiedad, SOAT, brevete). Posteriormente, genera la factura, establece las estaciones a evaluar y asigna la línea de inspección.

#### 2. Medición de gases u opacidad

##### Mecánico:

Abre el capó del vehículo e inserta una sonda de temperatura y marcador de rpm. Luego, inserta la sonda en el tubo de escape. Por último, realiza la prueba de gases, indicándole al usuario que acelere su vehículo. Esta última indicación se realiza tres veces.

#### 3. Medición de luces

##### Operario:

Indica al usuario que encienda las luces bajas para proceder a medir la intensidad luminosa con la ayuda de un luxómetro. Luego, realiza de la misma manera esta operación para medir las luces altas.

#### 4. Inspección visual

##### Mecánico:

Realiza la inspección mecánica y de exteriores. Esta prueba se realiza cuando el vehículo ha ingresado a la zanja de inspección. Luego, procede a ingresar los códigos (faltas que pueda encontrar) al sistema de revisiones técnicas.

#### 5. Test line (alineamiento al paso, banco de suspensión y frenómetro)

##### Mecánico:

En esta etapa el mecánico solo opera las máquinas de revisión. Esta es la parte más automatizada del proceso, pero también la que demora más, debido a que se agrupan varias pruebas a realizar.

#### 6. Entrega de resultados (certificado o informe)

##### Digitadora:

Verifica que el vehículo haya culminado la prueba y procede a consolidar el resultado. Adjunta la factura y el sticker con los datos del vehículo. Esta recopilación lo realiza de forma manual. Por último, entrega el documento adjuntado al repartidor.

##### Repartidor:

Se encarga de entregar los resultados a los vehículos. Si el resultado es un certificado, procede a pegar el sticker en el parabrisas. Si el resultado es un informe, procede a explicarle al cliente las faltas encontradas en la prueba.

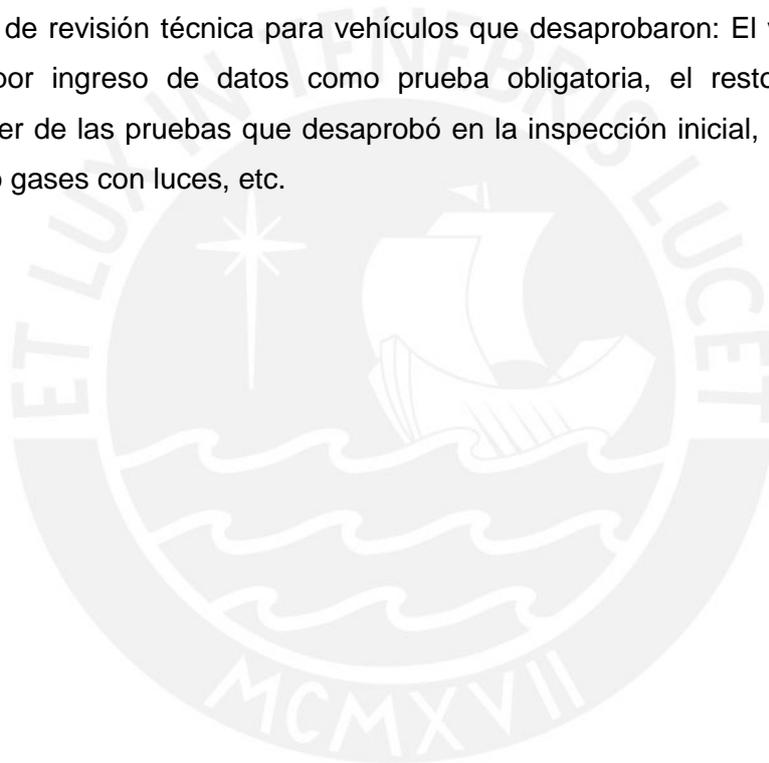
## 2.4 Tipos de servicio

La empresa ofrece el servicio de revisiones técnicas vehiculares tanto para vehículos livianos como para vehículos pesados.

El servicio de inspección técnica es único, como se explicó en páginas anteriores este servicio consta de seis etapas pero ocurre que los vehículos que desaprobaban la inspección no vuelven a pasar por todas las etapas, solo las pruebas que desaprobaban, se explica ambos tipos de servicio.

Prueba de revisión técnica inicial: El vehículo pasa por las 6 etapas del proceso, ingreso de datos, gases, luces, visual, testline, entrega de documentos.

Prueba de revisión técnica para vehículos que desaprobaban: El vehículo vuelve a pasar por ingreso de datos como prueba obligatoria, el resto de pruebas va depender de las pruebas que desaprobó en la inspección inicial, puede pasar solo gases o gases con luces, etc.



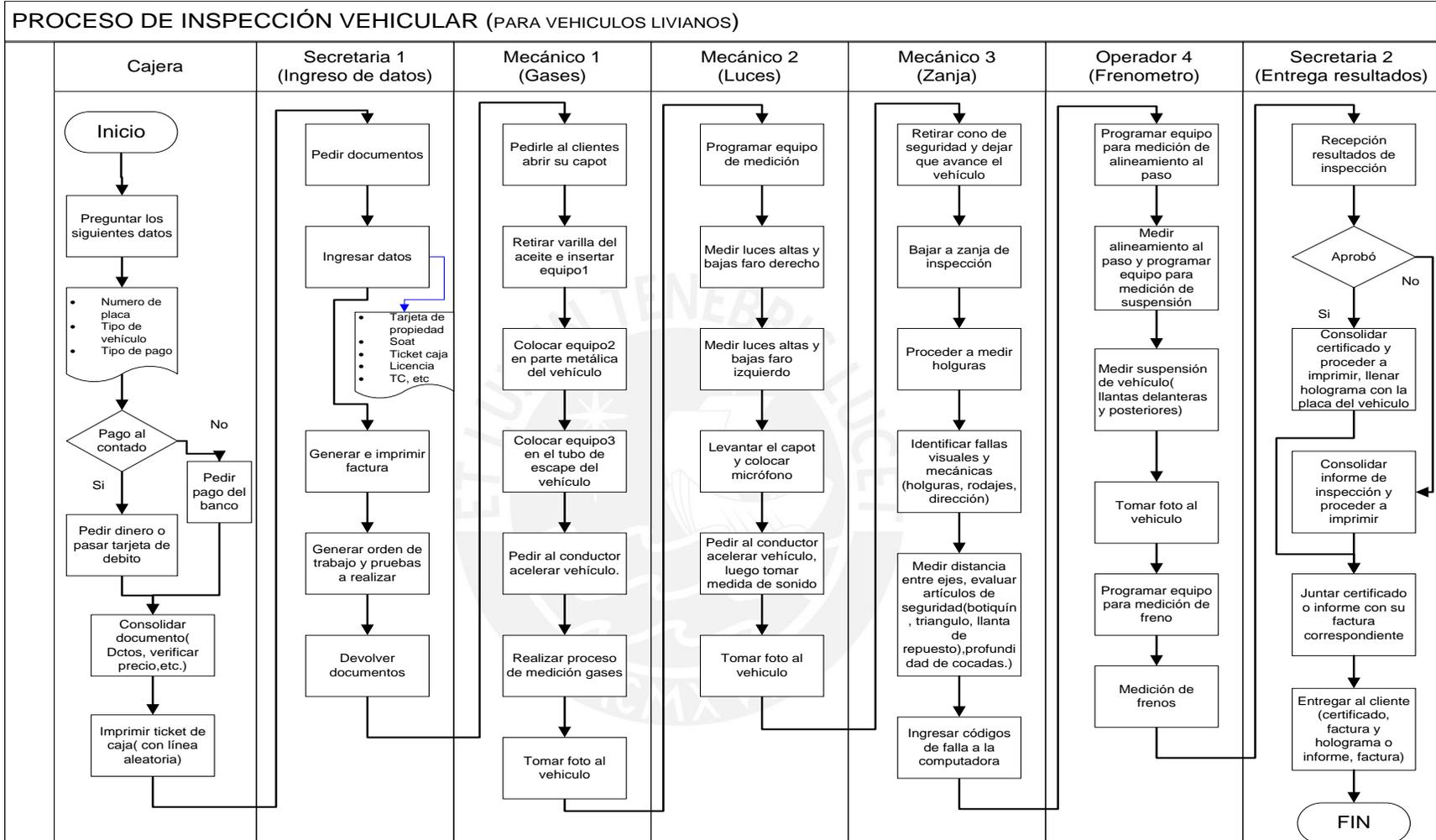


Figura 2-3 Diagrama de flujo actual

Elaboración propia

## 2.5 Infraestructura

La planta donde se va realizar el estudio es la planta de vehículos livianos. Esta planta cuenta con un área total de 6,549.95 m<sup>2</sup>. Cuenta también con cinco líneas de inspección técnica. Esto representa el área operativa de la planta (alrededor de 1100 m<sup>2</sup>). Actualmente solo ocupa 4,106.20 m<sup>2</sup> del terreno pero tiene a disposición todo el lugar.

Además, cuenta con oficinas administrativas, área de estacionamiento para los vehículos, tanto a la entrada como a la salida.

### 2.5.1 Maquinaria

La línea de inspección cuenta con las siguientes máquinas:

- Luxómetro
- Frenómetro
- Banco de suspensión
- Opacímetro
- Analizador de gases
- Medidor de holguras

La tabla 2.2 muestra la cantidad de maquinaria en el local de estudio.

Tabla 2-2 Máquinas

Equipos	Cantidad
Frenómetro	5
Luxómetro	5
Banco de suspensión	5
Opacímetro	5
Analizador de gases	5
Medidor de holguras	5

Elaboración propia

### 2.5.2 Tipo de distribución

El flujo del proceso sigue una distribución en línea, ya que el proceso es dependiente. Esto quiere decir que, para inspeccionar cualquier estación, el vehículo requiere pasar por toda la línea de inspección.

## 2.6 Recursos humanos

La organización en estudio cuenta con el siguiente personal operativo, el cual se encarga de brindar el servicio.

- Operarios
- Mecánicos
- Supervisores
- Administrativos

La tabla 2.3 muestra el personal que labora en el local de estudio.

Tabla 2-3 Personal administrativo

Condición	Cantidad
Administrativos	10
Operarios	12
Mecánicos	20
Supervisores	4

Elaboración propia

## 3 CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 Diagnóstico de los problemas

Actualmente la planta de revisiones técnicas vehiculares cuenta con dos grandes problemas. En primer lugar, la demanda de su servicio ha empezado a incrementarse considerablemente y la calidad de su servicio ha disminuido, justamente por no poder albergar a tantos vehículos. La preocupación de la gerencia general se centra ahora en determinar la capacidad y las líneas de inspección que debería implementar la planta en los próximos años. En segundo lugar, las líneas de inspección evidencian demoras en ciertas estaciones de trabajo, lo que ocasiona demoras en el servicio.

#### 3.1.1 Detalle de los problemas

Para la descripción y análisis de los dos problemas, se aplican distintos métodos de análisis.

##### a) Incertidumbre de la demanda futura

La planta de revisiones técnicas para vehículos livianos se inauguró en julio del 2009. A finales del año 2011 la demanda empezó a crecer a tal punto que la calidad de atención disminuyó sustancialmente. Asimismo, en la actualidad, año 2012, la demanda sigue creciendo mes a mes. Por ello, la empresa busca determinar la capacidad instalada con la que debería contar en los próximos cuatro años de operación, cuántas líneas de inspección debería tener en operación y, asimismo, si es necesario que se tenga una línea de inspección completa, porque quizás su demanda proyecte que solo necesita estaciones, no de líneas completas.

Otro punto importante a considerar es cómo se van a distribuir las líneas o estaciones en la planta, una vez calculada sus respectivas cantidades a necesitar, y cuál será el tipo de distribución dentro de la planta.

## b) Demoras en la línea de inspección

Actualmente la empresa cuenta con demoras en los procesos. Algunos cuellos de botella y demoras ya han sido identificados, pero otros percances todavía no han sido debidamente determinados, ya que no se establecen las razones de la demora. Estas demoras o retrasos causan malestar en los clientes y provocan un flujo productivo más lento, con lo que se disminuye la productividad de la planta.

### 3.1.2 Alcance del diagnóstico

Con los datos históricos de la demanda se busca proyectarla hacia cuatro años. Con ello se calculará el requerimiento de servicio (inspección completa y re inspecciones). Para ello se hará uso de métodos de pronóstico y se realizará una evaluación cualitativa y cuantitativa del método a elegir. Luego se tomarán tiempos de servicio por estación de trabajo, incluyendo tiempos suplementarios de operación. Con estos datos y los anteriores (pronósticos), mediante un balance de línea, se calcularán las estaciones de trabajo necesarias para cada año de operación. De esta manera se podrá eliminar la incertidumbre de la capacidad instalada a necesitar en los próximos cuatro años.

Una vez calculada la cantidad de líneas o estaciones a necesitar, se procederá diseñar una distribución de planta para cada año de operación, agregando las líneas o estaciones necesarias para la demanda proyectada, adecuándose a la distribución existente; además, se presentará una propuesta final en la cual se planteará una distribución en conjunto para la planta, sin considerar lo instalado actualmente.

Para solucionar el segundo problema se utilizarán herramientas estadísticas para poder identificar las demoras y retrasos, y se mapearán los procesos y procedimientos. Una vez analizado el problema, se plantearán diversas propuestas de mejora que ayudarán a aumentar la productividad de la línea de inspección y a disminuir los tiempos de operación.

## 3.2 Análisis del proceso de inspección técnica vehicular

Se analizará el proceso actual de inspección técnica bajo cuatro factores distintos. Esto ayudará a evaluar al proceso no solo mediante la observación simple, sino también bajo datos numéricos.

### 3.2.1 Análisis en función del flujo de trabajo

En la Figura 3.1 se puede observar que el proceso es lineal, a la vez que cuenta con seis etapas de producción y una espera. En el proceso intervienen siete personas, las cuales brindan servicio en cada estación. Como se mencionó anteriormente el servicio puede realizarse de dos maneras, inspección completa o re-inspección. Por un lado, los clientes de inspección completa son aquellos que acuden por primera vez a la planta y, por ello, se ven obligados a pasar por todas las estaciones para que puedan ser evaluados (gases, luces, visual, frenos y suspensión). Por su parte, el servicio por re-inspección se otorga a los vehículos que vienen por segunda o más veces a pasar revisión técnica. Estos son los vehículos que han salido desaprobados en su primer intento. Para este servicio solo se efectúan las pruebas en las que el vehículo ha salido desaprobado, lo que quiere decir que no se está obligado a pasar por todas las estaciones. A continuación se pasan a detallar las causas que ocasionan la demora en la línea de inspección para cada estación de trabajo.

- Actualmente la distribución de planta no permite separar el servicio por inspección completa y re-inspección, ya que la distribución no ubica a las estaciones por separado, sino como línea completa de inspección. Así el vehículo tenga que pasar solo por la prueba de frenos, este tiene que cruzar toda la línea de inspección, con lo que se ocupa espacio y se genera tiempo improductivo en cada estación.
- La estación de inspección visual genera cuellos de botella en la línea de inspección, ya que su tiempo de operación es excesivo en comparación al resto de pruebas.
- El estacionamiento de espera de resultados es incapaz de abarcar en su perímetro a la cantidad de vehículos que esperan sus resultados. Este genera otro cuello de botella en el proceso al no contar esta ubicación con una distribución adecuada.

- Otra de las razones por la cual la última etapa del proceso genera un cuello de botella es porque la estación de emisión de resultados no logra rápidamente certificar a los vehículos que están esperando sus resultados. Esto quiere decir su tiempo de atención es excesivo.
- Como se puede observar en el Anexo 4, existe una sola puerta de salida donde se acumulan todos los vehículos, ya que la puerta de salida desemboca en un semáforo.

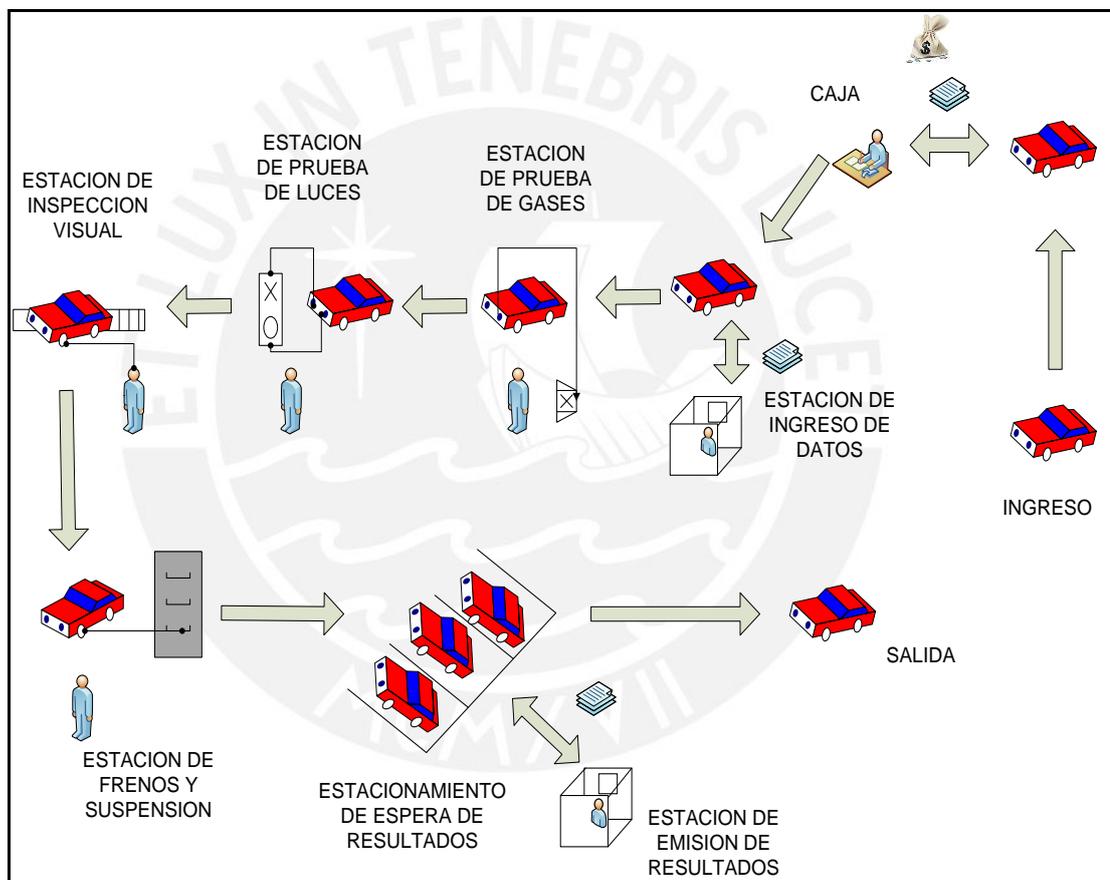


Figura 3-1 Flujo del proceso actual  
Elaboración propia

### 3.2.2 Análisis en función de los métodos de trabajo

En esta etapa se analizará el proceso de inspección bajo los métodos de trabajo utilizados.

- Al inicio del proceso la cajera necesita ingresar al sistema ciertos datos (placa del vehículo, tipo de vehículo, medio de pago). Ocurre que para esto la cajera le pregunta directamente al cliente y, muchas veces, estos datos son mal ingresados al sistema, debido a que el ruido distorsiona la información dada por el usuario, con lo cual se generan problemas que fuerzan re-procesos más adelante.
- En la estación de gases, el mecánico le dice al cliente que acelere, pero no le dice hasta qué revolución tiene que acelerar. La máquina recién toma la prueba a las 2000rpm. Esta operación tiene que repetirse tres veces. En muchas ocasiones, el vehículo o no alcanza las revoluciones requeridas o se pasa del estándar por no estar bien informado. Esto genera re-procesos; es decir, se debe volver a tomar la prueba.
- En la estación de inspección visual, el mecánico tiene que realizar diversas pruebas al vehículo e identificar las fallas mecánicas además de asociarlas a un código específico (este código se encuentra consignado en la tabla de defectos brindado por el MTC). Muchas veces el mecánico olvida las fallas, ya que no es la única prueba que realiza. También tiene que realizar la inspección de implementos de seguridad, cocadas y distancias.
- En la estación de entrega de resultados, se recibe la impresión de la factura emitida al inicio de la prueba. Esta, a su vez, se adjunta al resultado de la prueba y, cuando la afluencia de vehículos es alta, se empiezan a confundir las facturas, es decir, se adjuntan facturas que no corresponden a la placa del resultado. Esto se debe a que no se cuenta con un procedimiento de trabajo. Solo cuentan actualmente con una mesa simple, con lo que se genera que se traspapelen los documentos y que se incremente el tiempo de espera de los clientes.
- En la estación de gases y luces ocurren demoras al tomar la fotografía, ya que se toma al final de la prueba. Ocurre que, en ocasiones, el vehículo no está debidamente estacionado, por lo que se tiene que mover el módulo donde se encuentra la cámara.
- Durante toda la inspección no se percibe ningún control de calidad respecto a la documentación necesaria. El cliente, incluso, cruza toda la línea y, al

llegar a la estación correspondiente (caja o caseta de ingreso de datos), se da con la sorpresa de que no cuenta con la documentación necesaria, por lo que no podrá ser atendido. Esto genera gran molestia en los usuarios.

### 3.2.3 Análisis en función de las herramientas informáticas utilizadas

- La empresa cuenta con dos sistemas informáticos. El primer sistema es usado en caja. Este permite ingresar la placa y el tipo de vehículo, ya que es, dependiendo del tipo de vehículo, que se procede a cobrar un monto específico. Una vez recibido el dinero o boucher de pago en el banco, se emite un ticket donde se consigna la fecha de compra, la placa, el tipo de vehículo, el número de ticket y la línea de inspección. Esta línea es asignada aleatoriamente por el sistema.
- El segundo sistema informático usado es el más importante, ya que es el que monitorea todas las máquinas. Este sistema está relacionado con las máquinas de tal manera que recibe los datos que emiten los equipos y lo almacena en una base de datos. Esta, a su vez, determina, mediante parámetros, si el vehículo aprobó o desaprobó en cada estación de trabajo. Al inicio de la prueba se tienen que ingresar todos los datos personales del vehículo y propietario al sistema. Una vez ingresados los datos, la placa aparece en cada monitor de las estaciones de trabajo para que se pueda efectuar la prueba correspondiente. Al finalizar la prueba el sistema informa si el vehículo aprobó o desaprobó la prueba. Para cada caso el sistema emite un documento distinto, un certificado de inspección técnica si aprobó o un informe de inspección técnica si desaprobó.

### 3.2.4 Análisis en función de sus indicadores de gestión

La empresa no actualiza sus datos de operación (tiempos, atenciones por hora) de tal modo que no conoce cuáles han sido sus índices de productividad. De tal manera, con la finalidad de conocer situación actual de la planta, se han calculado algunos indicadores de gestión.

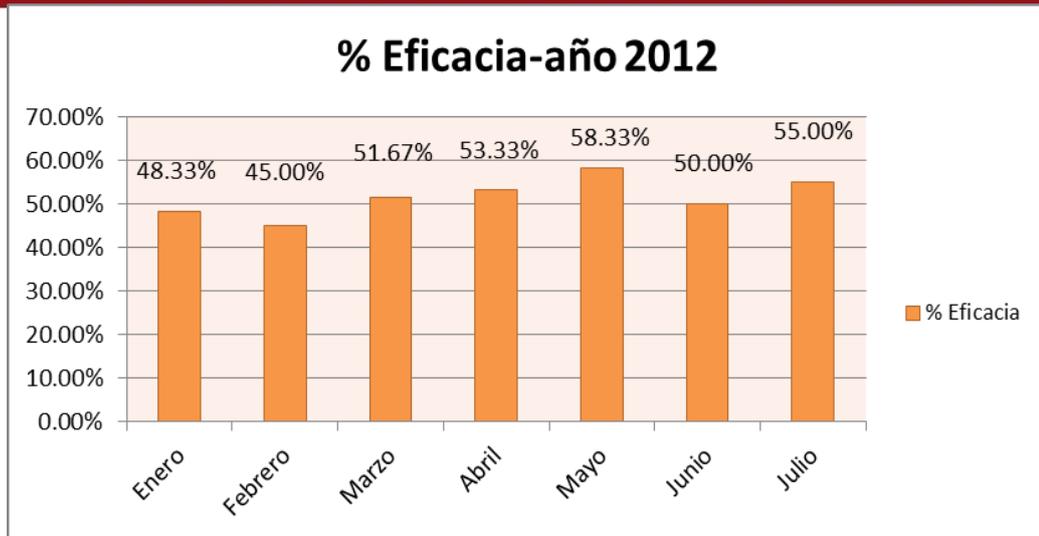


Figura 3-2 Índice de eficacia  
Elaboración propia

La figura 3.2 muestra la eficacia de las líneas de inspección a partir de la cantidad promedio de vehículos atendidos por hora entre la capacidad real esperada. Como se puede observar, los índices de eficacia no son muy alentadores. Esto se debe a retrasos dentro de la línea de inspección: algunas pruebas generan cuellos de botella dentro de la línea.

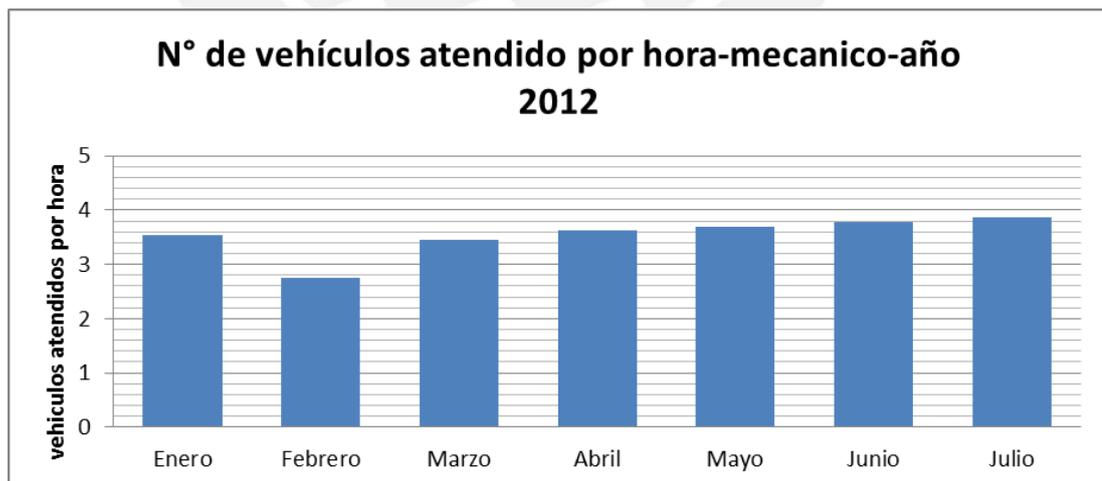


Figura 3-3 Índice de productividad  
Elaboración propia

La figura 3.3 muestra un índice de productividad de vehículos atendidos por hora-mecánico. Estos índices se pueden mejorar si reducimos los tiempos de operación.

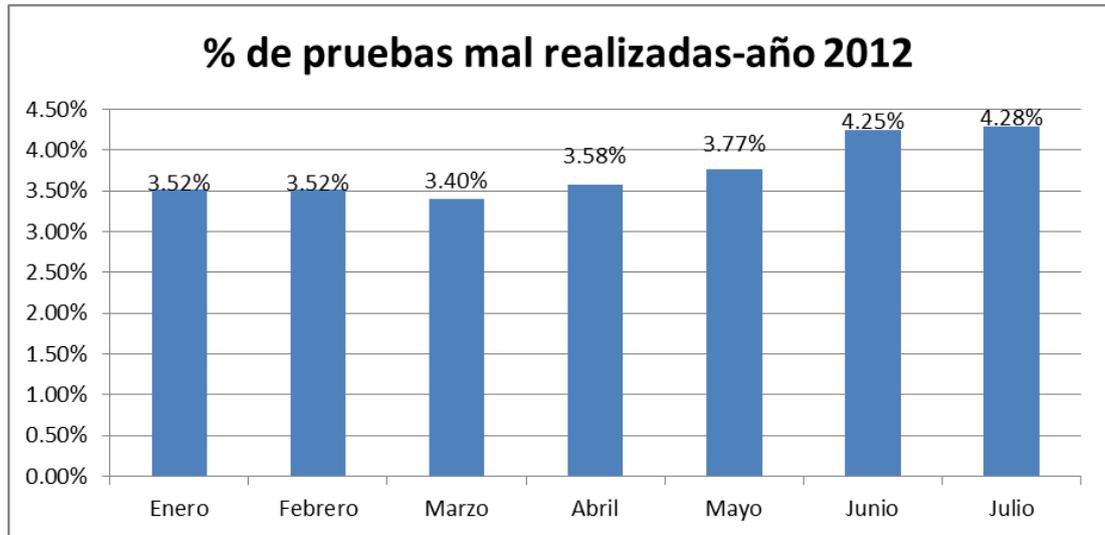


Figura 3-4 Indicador de pruebas mal realizadas  
Elaboración propia

En la figura 3.4 se observa que en los últimos meses se ha incrementado el índice de pruebas mal realizadas por parte de los mecánicos de las líneas de inspección. Estas pruebas defectuosas generan re-procesos, ya que se obliga a realizar nuevamente la prueba. Estas causas se van a determinar en un diagrama causa-efecto.

### 3.2.5 Análisis en función de la demanda

Se analizará el proceso en función de la demanda que tiene en cada mes, no solo a nivel de inspecciones completas, sino a nivel de la demanda por estación de trabajo, ya que el flujo por estación es distinto, debido a las re-inspecciones. A continuación se detalla la cantidad de vehículos atendidos en lo que va del año respecto a inspecciones completas.

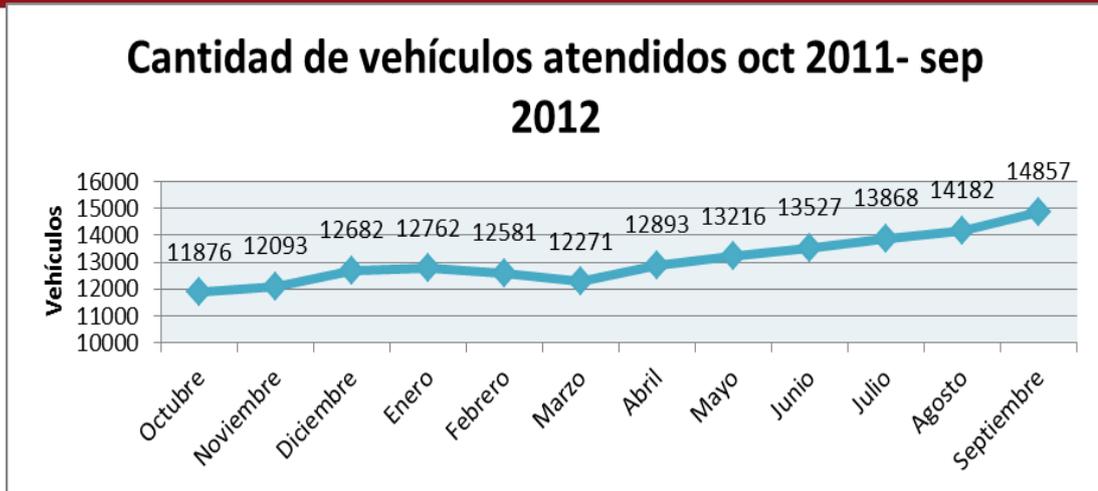


Figura 3-5 Demanda del año 2011 y 2012

Elaboración propia

La figura 3.5 muestra, la demanda que describe una tendencia creciente para los próximos meses del año. Por ello, la empresa se ve en la necesidad de realizar un estudio de capacidad de planta para los próximos cuatro años de operación. Este estudio incluye calcular cuántas estaciones de trabajo se necesitan para los próximos años, además de saber cómo se va distribuir cada estación dentro del área de terreno que se tiene dispuesto para la misma.

Tabla 3-1 Demanda por estación de trabajo del año 2012

ESTACIÓN	CANTIDAD DE INSPECCIONES AÑO 2012								
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Estación de caja	12771	12672	12359	13008	13341	13613	13975	14273	14925
Estación de ingreso de datos	12762	12581	12271	12893	13216	13527	13868	14182	14857
Estación de gases	13674	13526	13723	14174	14841	14911	15473	15828	16302
Estación de luces	12986	12809	12984	13518	14006	14124	14790	14607	15328
Estación visual	14713	14818	14589	14874	15523	15965	16184	16253	17107
Estación de frenos/bco suspension	13548	13445	13238	13931	14632	15008	15056	15092	16004
Estación de emision de resultados	15451	15383	15292	15673	16121	16388	16787	17249	17726

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.1 muestra, la demanda por estaciones de trabajo es distinta, ya que las re-inspecciones pueden dirigirse a una o más estaciones. El cuadro anterior ayudará en el cálculo de los pronósticos para los próximos cuatro años y hará posible calcular, posteriormente, mediante un balance de línea, la cantidad de estaciones que se necesitan de acuerdo a la demanda proyectada.

### 3.3 Análisis del problema fundamental

Como se pudo observar en el análisis de procesos, existe un problema fundamental, la demora en el proceso de inspección técnica vehicular. Este problema evidencia diversas causas, la figura 3.6 esquematiza un diagrama causa-efecto, luego se analizará cada una de las causas con ayuda de herramientas estadísticas, de calidad y de flujo de trabajo.

Existen causas fundamentales, referentes al mantenimiento (maquinaria), a la distribución de planta (capacidad), a los procedimientos y métodos de trabajo y, por otra parte, problemas referentes al personal obrero (mecánicos y operarios). Cada una de las causas del problema tiene diferentes ocurrencias e impactos dentro del gran problema de demora en el proceso de inspección técnica. Para no centrarnos en causas de menor impacto, se realizó un análisis relacional, el cual nos ayudará a identificar las causas que ocurren con mayor frecuencia y las que generan mayor repercusión.

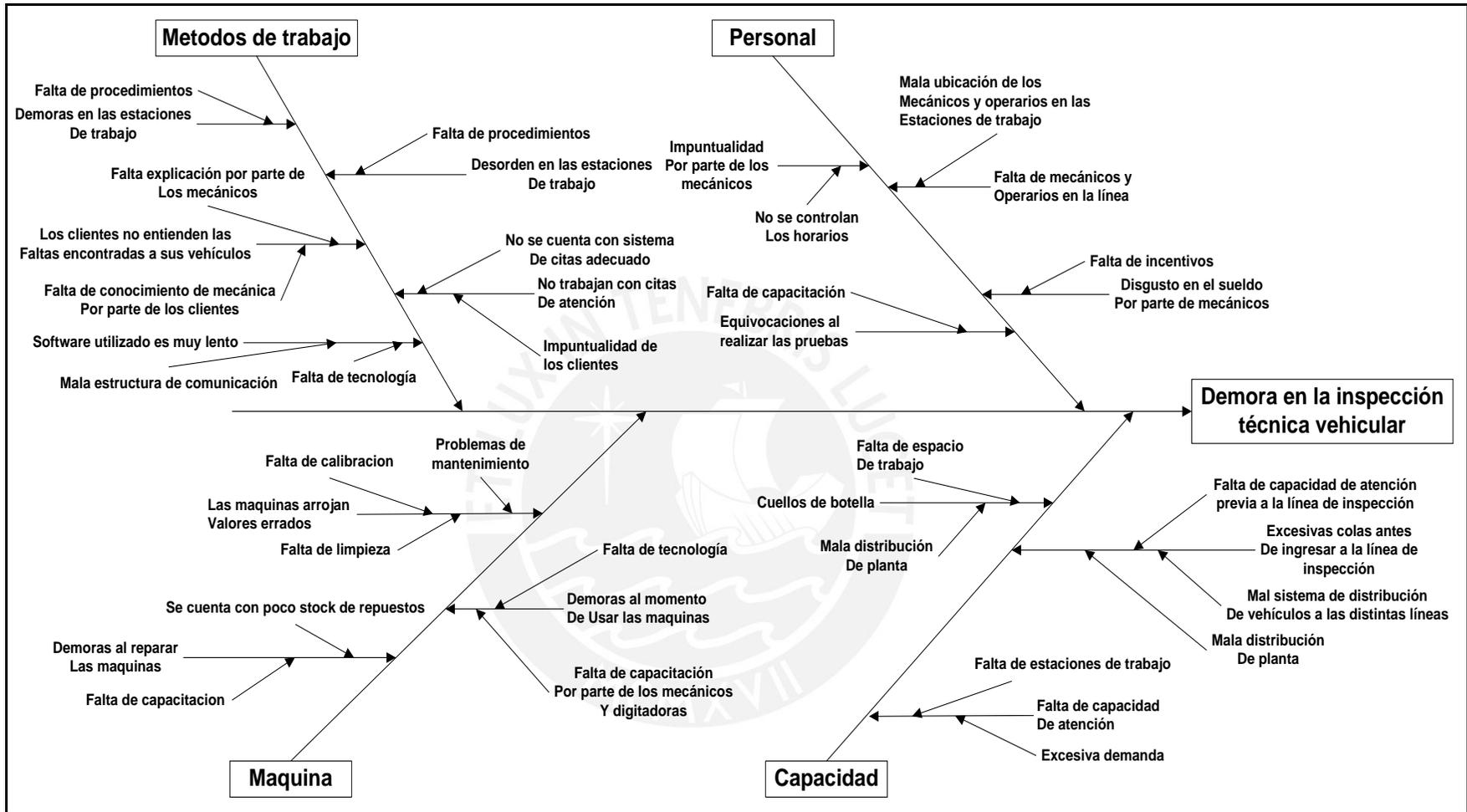


Figura 3-6 Diagrama causa - efecto  
Elaboración propia

### 3.3.1 Análisis relacional de las causas fundamentales

La figura 3.7 muestra la ponderación de la ocurrencia y el impacto que generan cada una de las causas. Esta ponderación se realizó con las opiniones de los ingenieros de planta, supervisores de línea y el gerente de operaciones. (Ver Anexo 3)

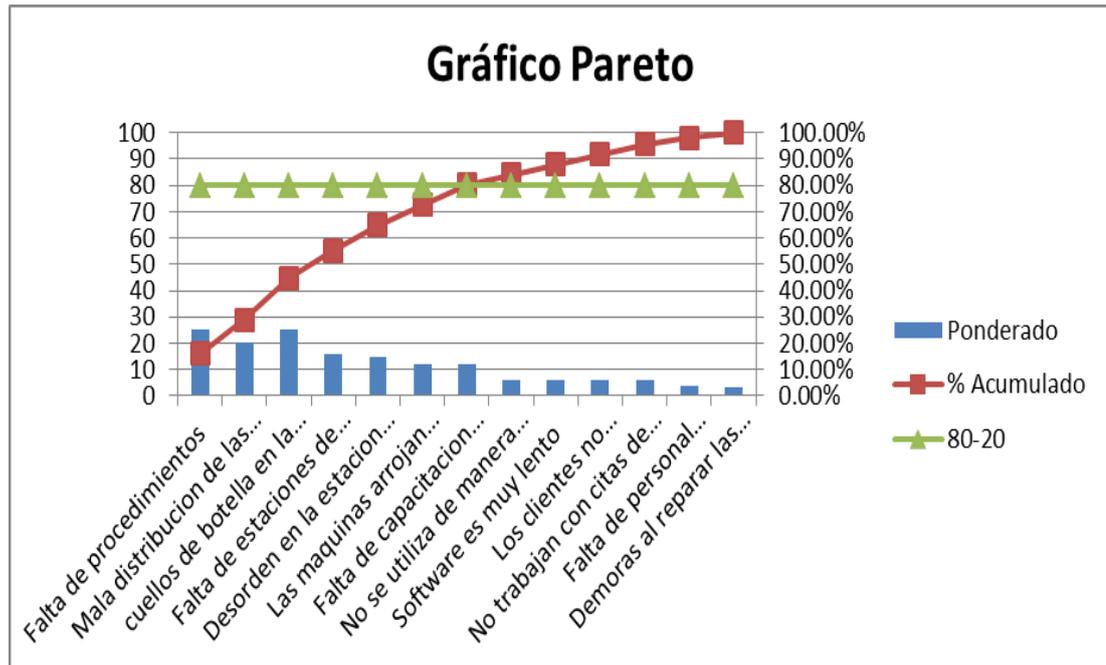


Figura 3-7 Diagrama de Pareto

Elaboración propia

El análisis relacional de las causas fundamentales, indica que son siete las causas fundamentales que generan el problema de la demora en la inspección técnica vehicular.

### 3.4 Análisis de las causas fundamentales

El análisis y evaluación del problema, se centrara en evaluar cada una de las causas fundamentales, ver figura 3.8.

Se pasará a detallar las siete causas fundamentales.

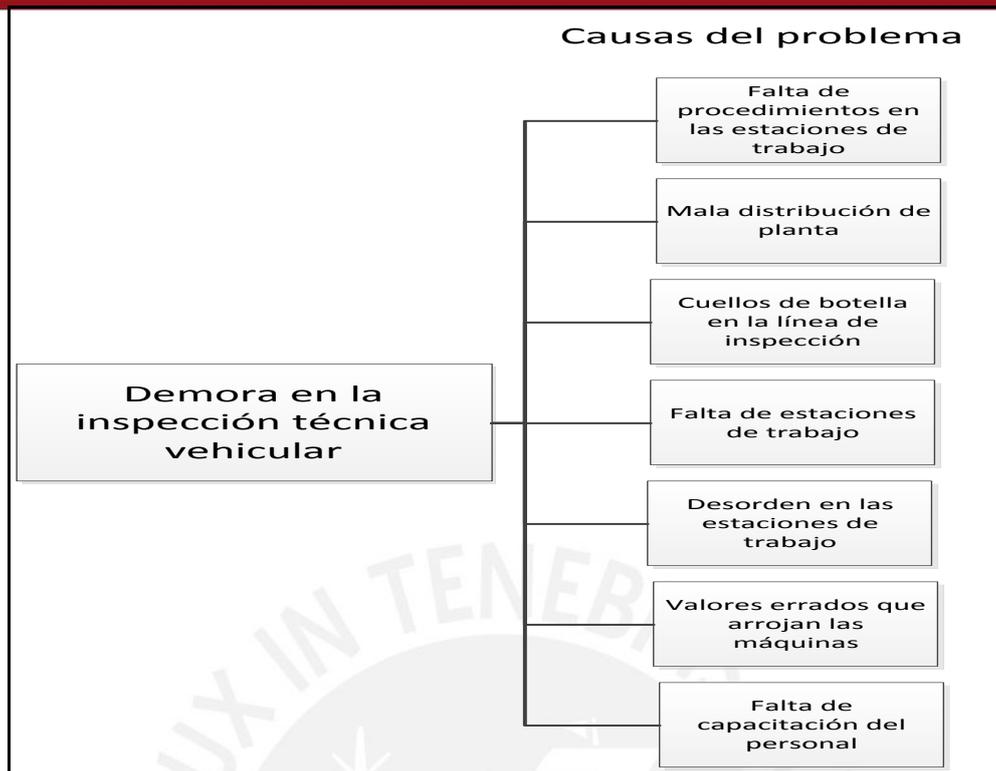


Figura 3-8 Causas fundamentales

Elaboración propia

### a) Falta de procedimientos en cada estación de trabajo

En todas las estaciones hace falta implementar procedimientos de trabajo, es decir, la secuencia de realización de las distintas tareas. El proceso de la línea de inspección se detalló en el flujo funcional. En él se evidencia la secuencia de operaciones de la situación actual. Las estaciones más críticas en falta de procedimientos son las estaciones de inspección visual y la estación de certificación, para ser más específicos, la estación que se encarga de consolidar todos los documentos (factura, sticker, hoja de resultados). La figura 3.9 muestra la estación de trabajo.

Como se observa en la figura 3.10, la parte de almacenamiento es muy importante, ya que se trabaja con facturas, las cuales deben ser cuidadosamente almacenadas. Actualmente, estas se acopian en bandejas, pero, debido a la gran cantidad de vehículos en línea, esta bandeja puede almacenar hasta 15 facturas, es decir, 15 documentos esperando ser entregados (cabe resaltar que la factura se manda a imprimir al inicio de la prueba en una impresora ubicada al final de la línea de inspección). La demora se origina al momento de consolidar el documento: se pierde mucho tiempo en buscar entre 15 facturas la placa correspondiente, muchas

veces se traspapela y por fatiga de la digitadora se dificulta la búsqueda de la misma. Se plantearán procedimientos de trabajo y, sobre todo, un re-diseño del área de trabajo.

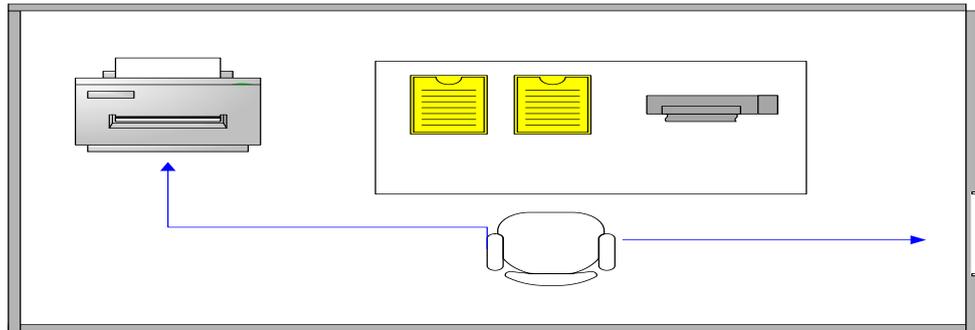


Figura 3-9 Estación de certificación  
Elaboración propia

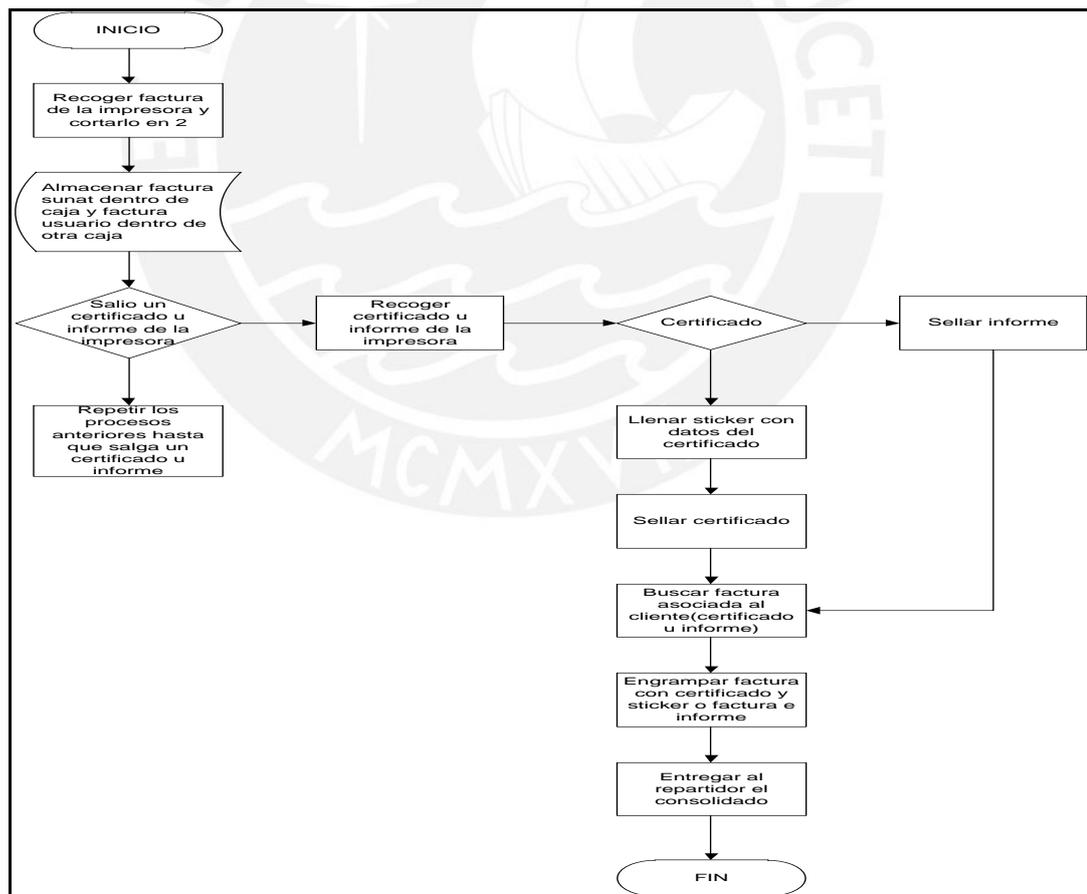


Figura 3-10 Flujo del proceso de consolidación  
Elaboración propia

## **b) Mala distribución de planta**

Una distribución poco efectiva de la planta se percibe al encontrar líneas completas de inspección, más no estaciones de trabajo. Una vez obtenida la cantidad de estaciones a necesitar, se planteará una adecuada distribución de planta para cada año de trabajo.

Esta distribución defectuosa implica que, actualmente, un cliente que viene por reinspección, y solo viene a subsanar su falta en gases, no puede salir de la línea tras haber terminado su prueba de gases, sino que debe atravesar toda la línea por más que no sea evaluado en las estaciones posteriores. Se puede observar que la ubicación de la caja dificulta el acceso a las líneas más alejadas. La estación de certificación (entrega de resultados) dificulta la salida de los vehículos (Ver Anexo 4).

## **c) Cuellos de botella en la línea de inspección**

Se midieron tiempos de operación. Para una demanda promedio de 15000 vehículos mensuales, se extrajo una muestra de 200 datos. Estos a su vez se dividió en 20 muestras durante 10 días. Mediante este muestreo se calculó el tiempo normal. Con ello, se obtuvo los tiempos de operación en cada estación del ciclo del servicio. La tabla 3.2 muestra el cálculo del tiempo normal.

Para un mayor análisis se realizó un diagrama analítico del proceso, ya que incluye tiempos y nos ayuda a delimitar los cuellos de botella. Mediante este diagrama (figura 3.11) se pudo determinar que el cuello de botella existe en la estación de inspección visual, ya que es la estación que toma mayor tiempo en la línea de inspección. Además, se puede observar en este diagrama que la demora del proceso se da justo al momento de pasar de la estación de luces a visual. Esto suma ocho minutos de demora a la prueba en la estación de inspección visual.

Tabla 3-2 Toma de tiempos

ESTACION	OPERACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Val	f	X	TOBS. (f*X)	TN
Caja	Pago de derechos	2.15	2.18	2.18	2.10	2.17	2.26	2.04	2.13	2.19	2.11	95%	1.000	2.15	2.15	2.04
Caseta de ingreso de datos	Ingreso de datos al sistema	4.51	5.24	4.53	4.33	4.50	4.72	4.52	4.56	5.08	4.54	100%	1.000	4.65	4.65	4.65
Caseta de ingreso de datos	Reproceso por equivocación				2.32							95%	0.033	2.32	0.08	0.07
Estación de gases	Realización de prueba de gases	4.42	4.21	4.32	4.00	4.56	4.22	4.46	4.71	4.37	4.23	105%	1.000	4.35	4.35	4.57
Estación de gases	Cambio de filtros			20.00								85%	0.003	20.00	0.07	0.06
Estación de luces	Realización de prueba de luces	3.32	3.97	3.30	3.52	3.30	3.12	3.48	3.41	3.22	3.59	90%	1.000	3.42	3.42	3.08
Estación de inspección visual	Realización de prueba visual	6.04	5.62	5.52	5.98	6.32	5.83	6.00	6.28	5.71	6.41	100%	1.000	5.97	5.97	5.97
Estación de test line	Realización de prueba de test line	4.33	4.16	4.45	4.10	4.34	4.08	4.22	4.42	4.50	4.28	95%	1.000	4.29	4.29	4.07
Estación de test line	Reproceso por equivocación							4.12				95%	0.038	4.12	0.16	0.15
Estación de entrega de resultados	Entrega de resultados	5.45	5.30	5.09	5.29	5.52	5.24	5.12	5.67	5.28	5.25	105%	1.000	5.32	5.32	5.59

Elaboración propia

#### d) Falta de estaciones de trabajo

Actualmente, la capacidad de atención es insuficiente. Es por ello que se generan excesivas colas. La capacidad actual de la planta está capacitada para atender 500 vehículos diarios, pero diariamente se reciben 600 unidades. Esto genera sobretiempos, errores al momento de realizar la inspección y, sobre todo, mal trato en el servicio que se brinda. Con el análisis de la demanda y la toma de tiempos mostrados anteriormente, se realizará un balance de línea para calcular las estaciones necesarias para cada año de producción.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO						<input checked="" type="checkbox"/> Operación: Recorrido de vehículo <input type="checkbox"/> Material: _____ <input type="checkbox"/> Hombre: _____		
<b>PROCESO:</b> Inspección completa								
<b>METODO:</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Actual		<input type="checkbox"/> Propuesto				
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Hacia caja	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	20		De la puerta de ingreso hacia la caja
Espera en cola	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		5.1	El tiempo en cola es un promedio durante el día
Pago de derechos	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		2.04	
Hacia caseta de ingreso de datos	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	50		
Espera en cola	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		12.5	El tiempo en cola es un promedio durante el día
Ingreso de datos	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		4.65	
Hacia estación de gases	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	1		
Realización de prueba de gases	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		4.57	
Hacia estación de luces	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	1		
Realización de la prueba de luces	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		3.06	
hacia estación de inspección visual	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	1		
Espera	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		2.5	El tiempo promedio durante el día
Realización de la prueba de inspección visual	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		5.97	
hacia estación de test line	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	1		
Realización de la prueba de test line	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		4.07	
Hacia estación de entrega de resultados	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	10		
Entrega de resultados	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽		5.59	
Hacia puerta de salida	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽			
	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽			
	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽	○ → □ ▽			
RESUMEN	Cantidad	7	8	0	4	Diagramado por: Wilder Fuertes Vara		
	Tiempo	29.95			20.10	Fecha: 05/10/2010	Hoja: ____ de: ____ hojas	

Figura 3-11 Diagrama analítico del proceso

Elaboración propia

**e) Desorden en la estación de trabajo**

Actualmente, ninguna estación de trabajo cuenta con condiciones de trabajo aceptables, ya que en el puesto de trabajo se encuentra desorden y objetos

innecesarios, lo cual, muchas veces, ocasiona re-procesos o demoras al momento de realizar la prueba de inspección.

#### f) Valores errados arrojados por las máquinas

Las máquinas vienen arrojando valores errados. Este fenómeno se aprecia en la estación de gases. Es por ello que se ha tomado una muestra de 200 datos (Ver Anexo 2). Para ilustrar mediante gráficos de control los valores arrojados para el cálculo de % CO (monóxido de carbono). En la figura 3.12, se pueden apreciar tres puntos fuera de control. Estos puntos siguen un patrón cíclico, lo cual hace suponer que los mantenimientos se vienen efectuando fuera de tiempo, ya que esta gráfica evidencia que el proceso está fuera de control. La causa sería la falta de calibración y la falta de mantenimiento de los equipos. En la figura 3.13, se puede observar que justamente en los puntos fuera de control ocurre una particularidad: la desviación estándar de la muestra es menor a los límites establecidos. Esto quiere decir que, durante esa etapa del día, el proceso sale de control y los resultados que arroja son muy similares.

En conclusión, el proceso está fuera de control, pero se logran identificar etapas claras en el proceso. Esto significa que el proceso sale de control después de haber inspeccionado a una cantidad de vehículos. Es por ello que se busca plantear un plan de mantenimiento que pueda eliminar estos picos fuera de control.

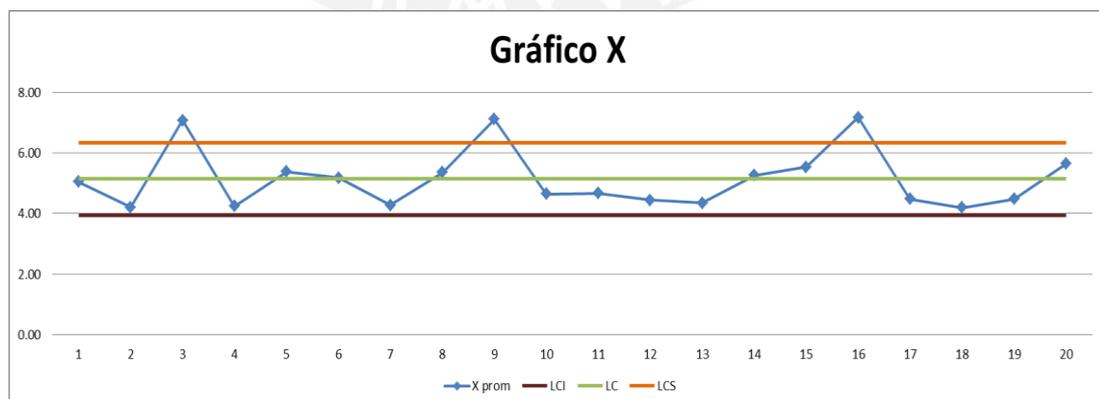


Figura 3-12 Gráfico X  
Elaboración propia

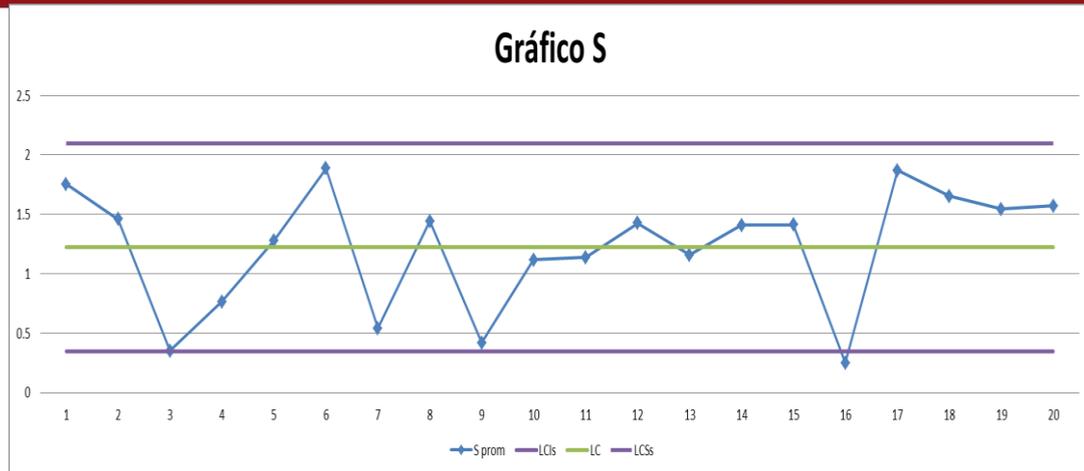


Figura 3-13 Gráfico S

Elaboración propia

### g) Falta de capacitación e insatisfacción del personal

El personal que realiza el servicio en las revisiones técnicas está constituido básicamente por mecánicos, operarios y digitadoras. Se ha podido observar que muchas de las equivocaciones que pueden cometer se deben a la falta de capacitación en manejo de maquinaria, manejo de sistema e instrucción en normal legales en categorización de vehículos, lo cual resulta muy importante, ya que, de acuerdo a la categoría asignada, se emite un tipo específico de certificación. Además, se sabe que el personal muestra insatisfacción respecto al sueldo que percibe. Esto se ve reflejado en la última encuesta de satisfacción, donde el 65% de los trabajadores se muestra insatisfecho con los beneficios que recibe por parte de la empresa. (Fuente: Empresa de estudio) Se requiere plantear un programa de capacitación e incentivo para el personal que brinda el servicio de revisión técnica.

## 4 CAPÍTULO 4. PROPUESTAS DE MEJORA

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, se cuenta con siete causas fundamentales responsables de las demoras en el proceso de inspección: falta de procedimientos, cuellos de botella en la línea, falta de estaciones de trabajo, mala distribución de planta, desorden en las estaciones de trabajo, falta de capacitación del personal y máquinas con problemas de mantenimiento que arrojan valores fuera de control. A esto se suma la incertidumbre de la empresa de no saber cuántas líneas o puestos de atención va a necesitar en los próximos cuatro años.

Respecto a los cuellos de botella, la falta de estaciones de trabajo y la mala distribución de planta, estos serán resueltos con la solución propuesta a la incertidumbre mencionada de la empresa sobre la cantidad líneas a implementar, ya que se calcularán los balances de línea para cada año (incluyendo la disminución en los tiempos del servicio debido a las propuestas previas de mejora) y se planteará una distribución de planta para cada año. Además, se incluyen propuestas para la falta de procedimientos, desorden en los puestos de trabajo, disminuir los valores errados emitidos por las máquinas de inspección y el programa de capacitación para el personal operativo, la figura 4.1 muestra la relación de las siete causas fundamentales del problema vs las propuestas planteadas para cada una de ellas.

A continuación se pasarán a brindar propuestas de mejora para combatir las causas del problema de demora en el proceso de inspección técnica.

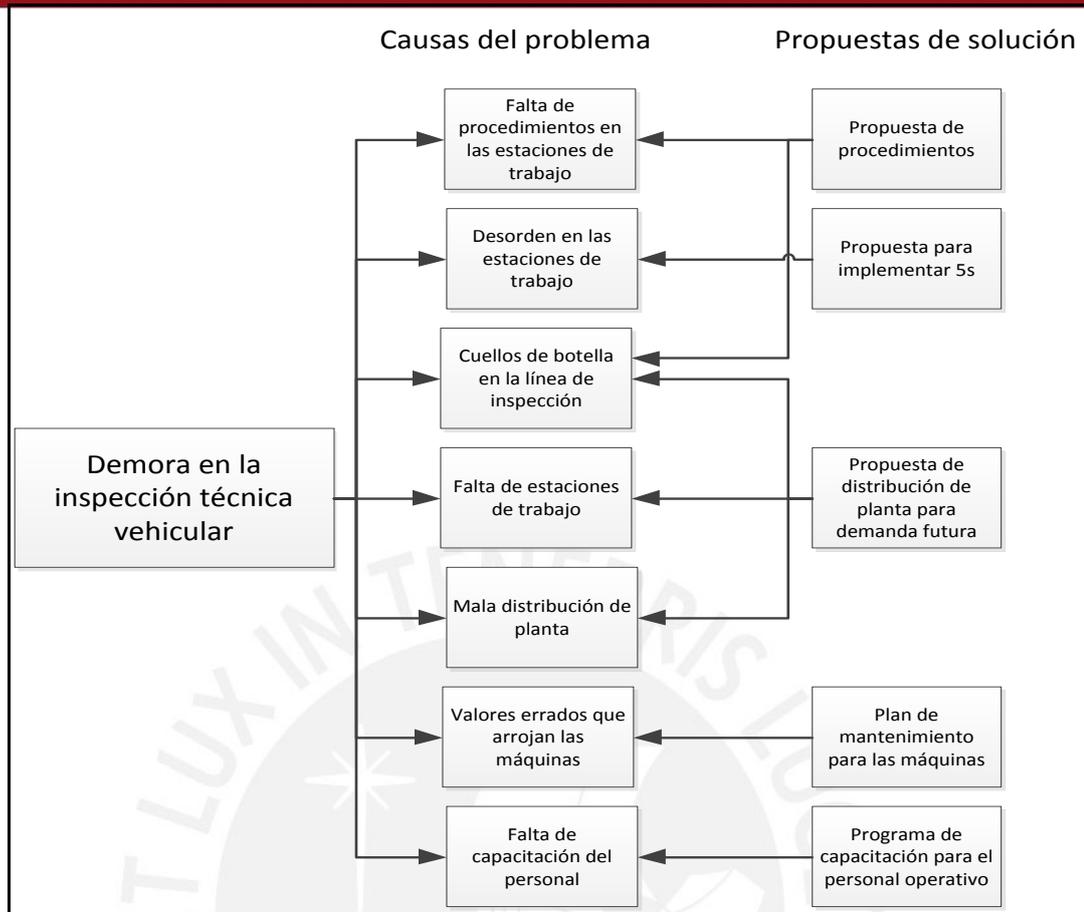


Figura 4-1 Diagrama causas del problema - propuesta de solución  
Elaboración propia

## 4.1 Propuesta de procedimientos

Las propuestas se dirigirán a las estaciones de ingreso de datos, inspección visual y entrega de certificados.

### 4.1.1 Estación de ingreso de datos

Se propone implementar un acceso en la página web de la empresa donde aparezca un recuadro como la figura 4.2, donde pueda ingresar los datos de su vehículo antes de ir a pasar la revisión técnica. Esto lo ayudará a que su tiempo de atención sea menor. Se sabe que alrededor del 30% de clientes que viene a pasar revisión técnica primero revisa la página web para enterarse del proceso mismo. El 50% llama para informarse y el otro 20% restante se informa consultando a amigos

que han utilizado el servicio anteriormente (fuente: Empresa de estudio) Con ello se espera que al menos el 30% de los clientes pueda pre-ingresar sus datos al sistema. A continuación se presenta un ejemplo de la pantalla a llenar. Con esto se espera que disminuya el tiempo de atención en un 13% del tiempo normal.



QUIENES SOMOS | COMO LLEGAR | CALENDARIO | REV TECNICA | RECOMENDACIONES

## Pre- ingrese sus datos al sistema

**Ingrese sus datos al sistema y disminuya su tiempo de atencion**

CONSULTE SU REVISION  
TARIFAS  
CONVENIOS EMPRESAS  
INSCRIPCION  
CONTACTO  
HOME  
DESCUENTOS Y PROMOCIONES

\* Nombre o Razón Social  \* Dirección

\* N° de serie, motor  \* Peso bruto

\* Color  Tipo Vehículo + Seleccione ▾

\* Marca  \* Telefono

\* Modelo  \* N° soat

\* Placa

\* N° de asientos

Enviar

Horario Atención Plantas A 08.30 - 17.30 hrs. Lunes a Viernes / 09.00 - 14.00 hrs. Sábado CALL CENTER SGS: 411 5000

Figura 4-2 Pantalla pre-ingreso de datos  
Elaboración propia

La figura 4.3 muestra como sería el nuevo flujo de ingreso de datos.

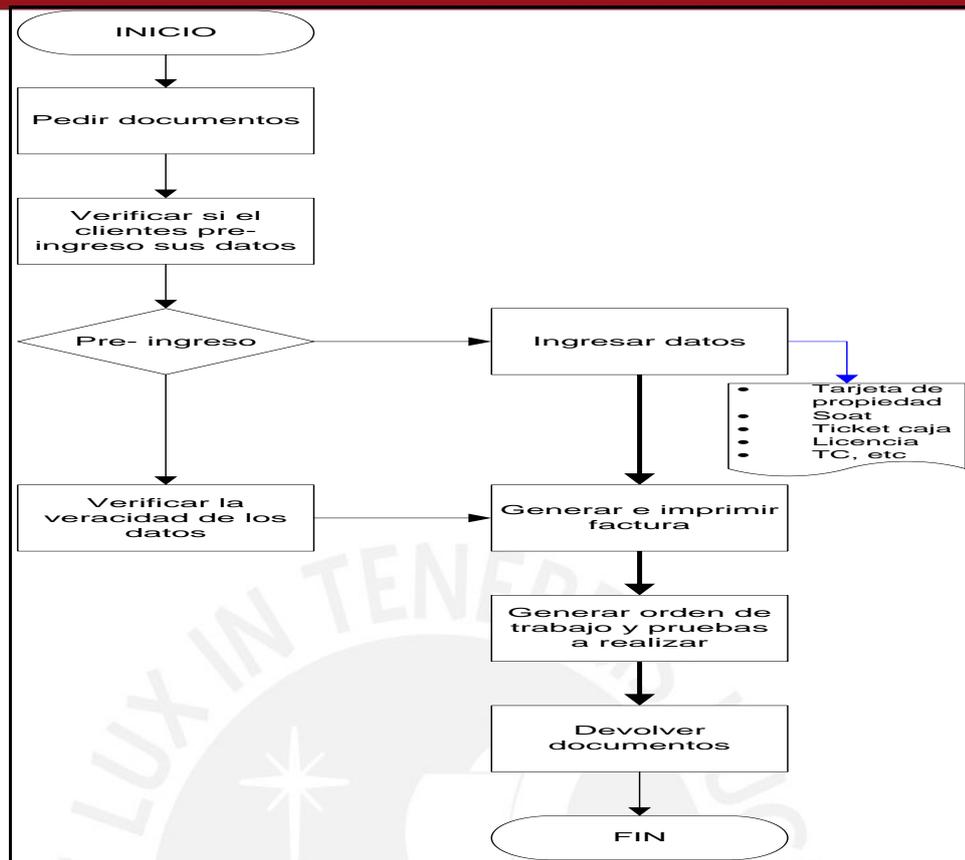


Figura 4-3 Flujo de ingreso de datos  
Elaboración propia

#### 4.1.2 Estación de inspección visual

En esta estación se plantea implementar un formato check list. Esto quiere decir que el mecánico identifique las fallas y las pueda plasmar en un formato que le ayude a recordar las faltas para posteriormente ingresarlas al sistema. Este formato consta de una hoja con la imagen de un vehículo visto desde abajo (figura 4.4), donde se puedan identificar rótulas, barra de dirección, tubo de escape, cañerías, trapecio, etc. Con este formato el mecánico seguirá una secuencia lógica en su revisión y evaluará la totalidad del vehículo sin temor a que se pueda olvidar de alguna falta u observación. Asimismo, se busca reducir el tiempo de ejecución en un 16 % del tiempo normal. A continuación se presenta el formato a implementar en la estación de visual.

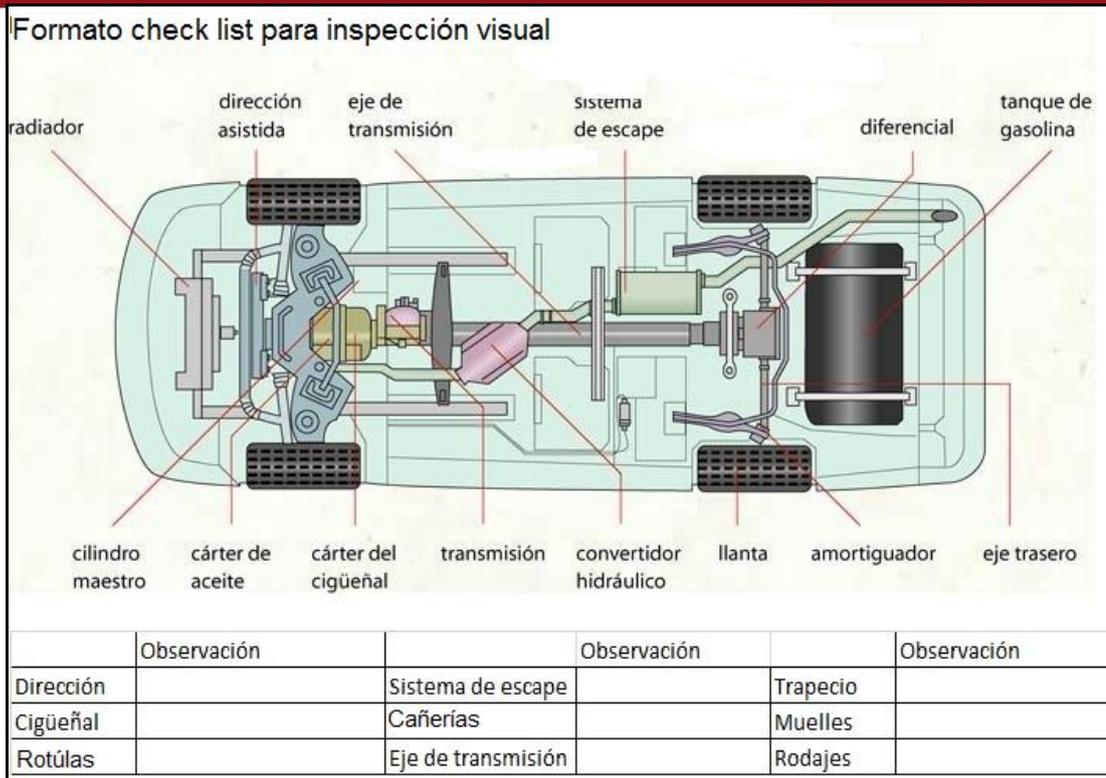


Figura 4-4 Formato check list

Elaboración propia

### 4.1.3 Estación de entrega de resultados

Se planteará una remodelación de la estación de trabajo. Actualmente se cuenta con una mesa donde se traspapelan las facturas, certificados e informes. Se propone un mueble tipo gavetero (figura 4.5) donde se pueda situar en fila una cierta cantidad de facturas sin sobreponer unas tras de otra, de la misma manera un espacio para certificados e informes, teniendo a la mano los sellos y material a utilizar.

El sitio estará diseñado para que el trabajador no sufra fatigas excesivas en el trabajo. El mueble de facturas y certificados va a estar ubicado frente del trabajador. Al lado derecho estará ubicada una mesa para llenar datos y al lado izquierdo la impresora. La figura 4.6 muestra el nuevo diseño del puesto de trabajo, con este diseño se obtiene una disminución del tiempo normal en 17%.

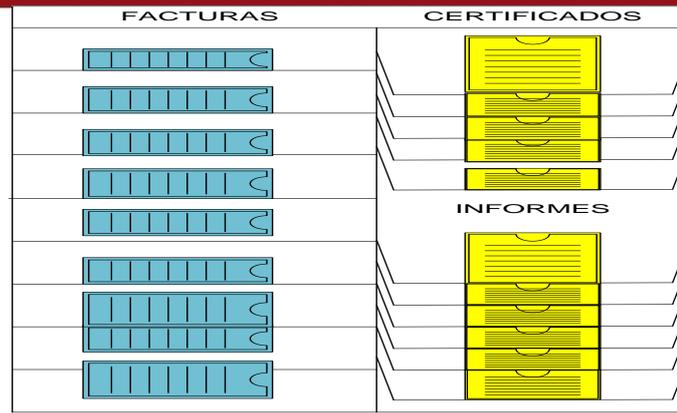


Figura 4-5 Mueble de facturas y certificados  
Elaboración propia

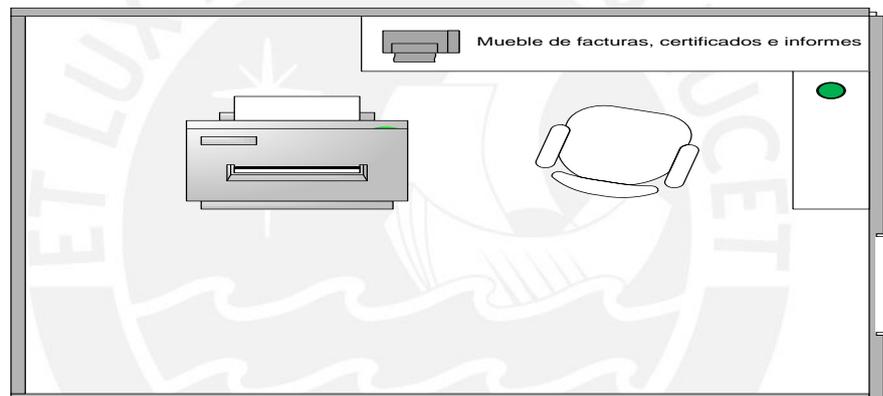


Figura 4-6 Estación de certificación  
Elaboración propia

## 4.2 Propuesta para implementar 5s

Se propone implementar un sistema 5s para erradicar el desorden y la suciedad de la línea de inspección. Dichas suciedad y desorden se pueden apreciar en todas las estaciones de trabajo donde se realiza alguna prueba mecánica al vehículo.

Primero, se procede a clasificar todos los objetos necesarios para realizar la prueba en cada una de las estaciones. Posteriormente, se ordenará y limpiará la estación de trabajo. Luego, se procederá con la normalización de la aplicación: se pintará la

silueta de la herramienta u objeto para poder identificar claramente el sitio designado; además, se comprarán algunos artículos de limpieza para cada estación de trabajo. En seguida, se procederá a aplicar un plan para poder mantener la disciplina de las 5s. Este plan consiste en llenar diariamente un formato de conformidad de la estación. Esta evaluación será realizada por el ingeniero o supervisor de línea, teniendo que firmar la evaluación el mecánico (evaluado) y supervisor (evaluador). De esta manera, se espera que se pueda implantar el sistema en poco tiempo, ya que se va generar un compromiso con el mecánico u operario. A continuación se presenta el formato de conformidad (tabla 4.1)

Tabla 4-1 Formato de inspección 5s

FORMATO DE INSPECCION 5 s								
<b>INSPECCION VISUAL Y OPERACIONAL</b>				<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS</b>				
<b>GASES</b>				ES	LIM	NES	NLIM	Observación:
Sonda de temperatura(gasolina)								
Sonda de temperatura(diesel)								
Sonda de gases(gasolina)								
sonda de gases(diesel)								
Monitor,CPU								
Teclado, mouse								
Analizador de gases								
Opacímetro								
Sensor de RPM(imantado)								
Sensor de RPM(tenaza)								
Linterna								
<b>LUCES</b>				ES	LIM	NES	NLIM	
Luxómetro								
Cargador del luxómetro								
Profundímetro								
Sonómetro								
<b>ZANJA</b>				ES	LIM	NES	NLIM	Observación:
Monitor, CPU								
Teclado, mouse								
Linterna control								
Plataforma de holguras(derecha)								
Plataforma de holguras(izquierda)								
Palm para ingreso de datos								
<b>FRENOMETRO/BCO SUSPENSION</b>				ES	LIM	NES	NLIM	Observación:
Monitor, CPU, control de CPU								
Teclado, mouse								
Cámara								
Frenometro								
Banco de suspensión								
Plato de alineamiento al paso								
Fecha:		Hora:		Línea:		Nombre y Firma del Ingeniero o Supervisor		
Nombre(Mecánico u Operador)		Estación		Firma				
<b>Instrucciones:</b> Marque con una(X) todos los ítem indicados. ES= Esta ubicado en forma correcta, LIM= Esta limpio, NES= No esta bien ubicado, NLIM= No esta limpio. Cualquier comentario adicional utilice la parte posterior del formato								

Elaboración propia

### 4.3 Programa de capacitación para el personal operativo

Se propone implementar un programa de capacitación personalizado para cada uno de los trabajadores de línea (mecánico, operario y digitadora). Este programa cuenta con fases iniciales, como conocer las políticas de la empresa y manejo de maquinaria o sistema a usar. Se cree conveniente comenzar con la misión, visión y políticas para que los trabajadores tomen conciencia de lo que la empresa espera de ellos y, a su vez, los trabajadores puedan brindar sus opiniones. La tabla 4.2 muestra el programa de capacitación secuencial para cada trabajador de la línea.

Tabla 4-2 Programa de capacitación

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN		
<b>Mecánico</b>		
SESIÓN	TEMA	HORAS
1	Misión, Visión y políticas de la empresa	3
2	Manejo de equipos	8
3	Política de mantenimiento	5
4	Reparación de Equipos(básico)	8
5	Reparación de Equipos(intermedio)	12
6	Reparación de Equipos(Avanzado)	18
<b>Operario</b>		
SESIÓN	TEMA	HORAS
1	Misión, Visión y políticas de la empresa	3
2	Manejo de equipos	8
3	Política de mantenimiento	5
4	Reparación de Equipos(básico)	12
5	Reparación de Equipos(intermedio)	12
6	Reparación de Equipos(Avanzado)	12
<b>Digitadora</b>		
SESIÓN	TEMA	HORAS
1	Misión, Visión y políticas de la empresa	3
2	Manejo de sistema	6
3	Información de normas MTC (básico)	8
4	Información de normas MTC (intermedio)	8
5	Información de normas MTC (Avanzado)	8

Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.2, todos los programas presentan niveles de aprendizaje en el tema de mayor dificultad para el puesto de trabajo. Conforme vayan aprobando las capacitaciones y aplicando los conocimientos en sus puestos de trabajo, estos trabajadores subirán de categoría y, por ende, sus respectivas remuneraciones. Por ejemplo, si un mecánico aprueba la capacitación de reparación de equipos (intermedio) y lo demuestra en su puesto de trabajo, pasará a llamarse “mecánico técnico II”, se le aumentará la remuneración y gozará de más beneficios. De la misma manera ocurriría con los operarios y digitadoras.

Lo que se busca con este programa de incentivos es que el personal perciba una remuneración acorde con su esfuerzo y dedicación al trabajo: mientras más se retribuya a la empresa, mayores serán los beneficios con los que se podrá contar. Además, se espera que el personal sea capaz de reparar sus propias máquinas.

#### **4.4 Plan de mantenimiento para las máquinas de línea**

Con esta propuesta se busca eliminar los resultados fuera de control o demoras en la inspección ocurridos por problemas de mantenimiento. Se propone un plan de mantenimiento conformado por dos partes. El primer plan se ejecutará de manera secuencial (tabla 4.3) (mensual, quincenal, semanal). El segundo plan de mantenimiento es, más bien, el plan preventivo (tabla 4.4), el cual se realizará a diario a manera de un listado check list. Este plan de mantenimiento es para cada estación de trabajo y está personalizado de acuerdo a los requerimientos de la maquinaria (ver Anexo 5).

Por el momento se formará una cuadrilla de mantenimiento que ejecute este plan, ya que se espera en un futuro que el propio mecánico sea capaz de verificar y reparar la máquina que tiene a su cargo. Se espera llegar a ese objetivo mediante el plan de incentivos y capacitación. Además, este plan toma en consideración el riesgo que puede sufrir el mecánico al ejecutar este plan. Es por ello que se incluye en el formato equipos de protección y riesgos de la operación. A continuación se presenta un formato de cada plan de mantenimiento.

Tabla 4-3 Programa de mantenimiento secuencial

ESTACION VISUAL				PLANTA											
<b>Herramientas y/o materiales a utilizar</b>				<b>tabla de frecuencias</b>											
1	petroleo	5	soplador de aire	1	semanal	10	cada 2 meses								
2	juego de destornilladores	6		2	mensual	11	mensual								
3	trapo industrial	7		3	mensual	12	cada 2 meses								
4	limpiador de PC's	8		4	mensual	13									
<b>Riesgos de trabajo y medidas preventivas</b>				5	mensual	14									
1	caidas	6		6	mensual	15									
2	resbalones	7		7	semanal	16									
3	alta presion	8		8	quincenal	17									
4		9		9	mensual	18									
				<b>Equipo de Proteccion Personal</b>											
				casco de seguridad	X	protector respiratorio	mandil para soldar								
				botas de seguridad	X	guantes de jebe	X careta para esmerilar								
				lentes de seguridad	X	guantes de tela	X guantes para electricista X								
				tapones para oidos		guantes para soldar									
				arness de seguridad		careta de soldar									
fecha	hora	ESTACION VISUAL												responsable	observaciones
		FOSA DE INSPECCION						DETECTOR DE HOLSURAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		limpieza de los angulos de guias	limpieza de las paredes de la zanja	limpieza del piso de la zanja	limpieza de los fluorescentes de la zanja	limpieza del interruptor de la zanja	limpieza de las huellas de la zanja	Revision de mando de control( parte electronica y electrica)	limpieza externa de los platos del equipo	limpieza y mantenimiento de la unidad hidraulica	Engrase y revision de piston	Revision de la caja de control(mecanica-electrica)	Cambio de pines		

Elaboración propia

Tabla 4-4 Programa de mantenimiento diario

		ESTACION VISUAL				CODIGO DEL LOCAL	FAR-COL										
Fecha de Inicio		Fecha de Termino		FRECUENCIA	DIARIA	# LINEA DE INSPECCION											
Herramientas a utilizar						TIEMPO NORMAL	min										
1																	
2																	
3																	
Riesgos de trabajo y medidas preventivas						EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL											
1	caída del modulo hidraulico					1	guantes de tela										
2	resbalones en la fosa de inspeccion					2	lentes de seguridad										
3	caída a la fosa de inspeccion					3	botas de seguridad										
						4	casco de proteccion										
fecha de inspeccion visual	hora	ESTACION VISUAL											responsable	observaciones			
		FOSA DE INSPECCION						DETECTOR DE HOLGURAS									
		estado de la fosa	barrera de proteccion luminarias	tomacorrientes	interruptores	piso de la fosa	linterna de mano	hermeticidad hidraulica	movimiento axial lateral	Mando de control	modulo hidraulico	fuerza de la maquina			Caja de control	Contonuidad de corriente	Resultados del equipo

Elaboración propia

## 4.5 Propuesta de distribución de planta para la demanda proyectada

Con esta propuesta se espera eliminar la incertidumbre de la empresa de no saber cuántas estaciones de trabajo va a necesitar en cada año de operación futura, además de eliminar los cuellos de botella, la falta de estaciones de trabajo y la mala distribución de planta, que fueron parte de las siete causas fundamentales que generan el problema de demoras en la línea de inspección. Primero, se procedió a calcular la demanda con cada uno de los métodos de pronóstico. Esta demanda se calculó para cuatro años y separado por estaciones de trabajo. Al finalizar el cálculo de los pronósticos, se realizó un consolidado de métodos que muestra los diferentes errores de cada método (Tabla 4.5), resultando el método de suavizado exponencial ajustada a la tendencia con menor error que los demás. Este método fue el que obtuvo menor error en las siete estaciones de trabajo (ver Anexo 6). A partir de este método se procedió a calcular la ecuación de ajuste para luego efectuar el cálculo de los cuatro años de demanda futura.

Tabla 4-5 Error de los métodos de pronóstico para la estación de caja

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	6347	5960	3589	580
MSE	389424.75	371786.5	177471.9167	98484.16667
MAD	588.25	560.8333333	379.9166667	250.8333333
PROMEDIO DE ERROR	528.9166667	496.6666667	299.0833333	48.33333333
DESVIACION	345.8931675	369.4350314	309.8757693	323.8653854
MAPE(%)	3.963471232	3.747813255	2.217260931	0.341834133
Estacion de caja				

Elaboración propia

Luego de obtener la demanda proyectada a cuatro años por estación de trabajo, se procedió con el cálculo de estaciones de trabajo para los cuatro años de demanda proyectada. Para ello se utilizó un balance de línea, el cual se calculó por año (ver Anexo 7). A su vez, para ello recurrimos al tiempo normal que se calculó en el diagnóstico. Este tiempo nos sirvió para calcular el tiempo estándar y, posteriormente, la cantidad de estaciones necesarias.

Para realizar el cálculo de las estaciones futuras se hizo un estimado del impacto que ocasionarían las mejoras propuestas en el tiempo normal de operaciones. Se

calculó que el tiempo total de la operación disminuyó en 12%. Este cálculo se estimó realizando un muestreo en cada estación de trabajo donde se aplicó una mejora. Por ejemplo, en la estación de ingreso de datos se midió el tiempo de cuánto toma terminar de registrar a un cliente que pre-ingresó sus datos por la web. En este muestreo se consideró que, de las personas que pasan revisión técnica, el primer 30% ingresa a la web (fuente: Empresa de estudio). Ello quiere decir que, si el muestreo es de 10 personas, al menos 2 invertirán menos tiempo al ingresar sus datos. Esto trajo consigo la disminución del requerimiento de estaciones de trabajo para los años futuros (Tabla 4.6)

Tabla 4-6 Cantidad de estaciones de trabajo proyectada

	Cantidad de estaciones requeridas actualmente	25
	Cantidad de estaciones proyectada sin mejoras	Cantidad de estaciones proyectada con mejoras
Año 1	27	25
Año 2	34	31
Año 3	40	38
Año 4	50	44
Total	151	138

Elaboración propia

A continuación, se muestra la cantidad de estaciones de trabajo que tiene actualmente la empresa (Tabla 4.7) y la cantidad de estaciones calculadas bajo un balance de línea, actual y para los años futuros (Tabla 4.8). Se puede apreciar que el cuello de botella ya no está en la estación de visual y que la cadencia ha disminuido (ver Anexo 7).

Tabla 4-7 Cantidad de estaciones de trabajo actual

	Estaciones
Caja	1.00
Caseta de ingreso de datos	5.00
Estación de gases	5.00
Estación de luces	5.00
Estación de inspección visual	5.00
Estación de test line	5.00
Estación de entrega de resultados	2.00
	<b>28.00</b>

Elaboración propia

Tabla 4-8 Cantidad de estaciones de trabajo calculada

	AÑO ACTUAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
	Estaciones	Estaciones	Estaciones	Estaciones	Estaciones
Caja	2	2	2	3	3
Caseta de ingreso de datos	4	4	5	6	7
Estación de gases	4	4	5	7	8
Estación de luces	3	3	4	5	6
Estación de inspección visual	5	5	6	7	8
Estación de test line	4	4	5	6	7
Estación de entrega de resultados	3	3	4	4	5
	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>31.00</b>	<b>38.00</b>	<b>44.00</b>

Elaboración propia

Se aprecia que la cantidad de estaciones que se requiere actualmente es igual a la cantidad de estaciones para el año 1. Esto se debe a que la cantidad de estaciones calculada para el año 1 se realizó con los tiempos de mejora estimados.

Actualmente se tiene, en algunos casos, más estaciones de trabajo que las requeridas y, en otras, menos. No se va a considerar la idea de adecuarse a la distribución de planta actual, ya que nos limitaría el espacio de terreno hacia un futuro y porque mover las estaciones de trabajo no significa un elevado costo para la empresa. Esta idea se justificará en la etapa de evaluación beneficio-costos pero si se va adecuar la distribución al área construida, ya que solo significa el 7% del total del área (administración, vestuarios, comedor). Las oficinas principales de la empresa están ubicadas en la planta de inspecciones de vehículos pesados. Todo lo demás es campo abierto para estaciones de trabajo. Ahora se procederá con la propuesta de distribución de planta para cada año.

#### 4.5.1 Análisis de los factores para la distribución

Se va analizar cada uno de los factores que se va tener en cuenta para la distribución final.

- Factor material

Este es un servicio. Por ende, el material es quien recibe el servicio (el vehículo). Este vehículo puede ser clasificado en inspección completa o re-inspección. La re-inspección es clasificada por estación de trabajo o por estaciones de trabajo. Cada

inspección tiene una secuencia (Tabla 4.9). Por ello, se va a contar con 11 tipos de inspecciones. En el caso de haber reprobado tres de las cuatro pruebas ya se considera inspección completa, ya que la ocurrencia de ese caso es muy pequeña para que sea relevante. A continuación se eligió el año 1 para analizar los tipos de inspección (Tabla 4.10)

Tabla 4-9 Secuencia de operaciones

A	Caja
B	Caseta de ingreso de datos
C	Estación de gases
D	Estación de luces
E	Estación de inspeccion visual
F	Estación de test line
G	Estación de entrega de resultados

Elaboración propia

Tabla 4-10 Análisis P-Q

	Tipo de inspección	Cantidad	Secuencia de inspección
P1	Inspección completa	197302	A-B-E-C-F-D-G
P2	Re-Inspección de visual	25082	B-E-G
P3	Re-Inspección de gases	22104	B-C-G
P4	Re-Inspección de test line	11407	B-F-G
P5	Re-Inspección de luces	8790	B-D-G
P7	Re- inspección visual-test line	5087	B-E-F-G
P8	Re- inspección visual-luces	4016	B-E-D-G
P6	Re- inspección visual-gases	3778	B-E-C-G
P9	Re- inspección gases-test line	2617	B-C-F-G
P11	Re- inspección test line-luces	2506	B-F-D-G
P10	Re- inspección gases-luces	2081	B-C-D-G

Elaboración propia

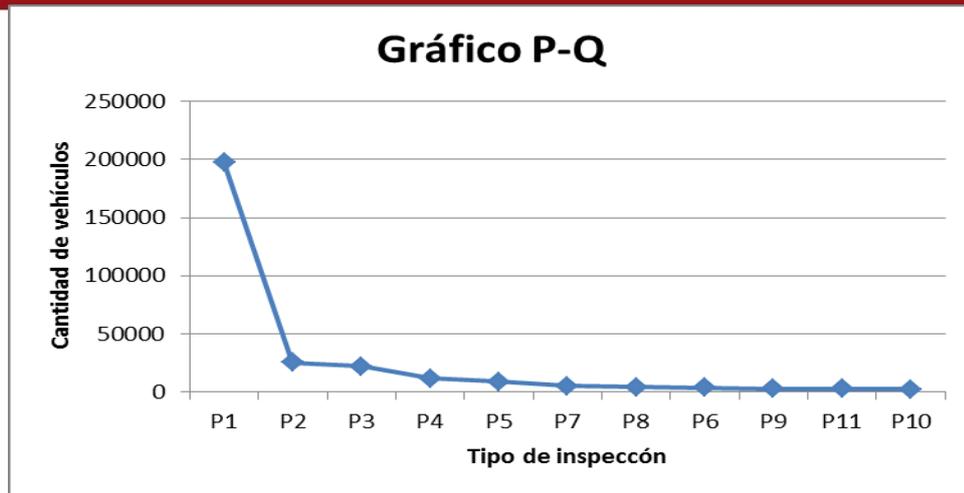


Figura 4-7 Gráfico P-Q  
Elaboración propia

La distribución necesariamente tiene que ser lineal o por producto para las inspecciones completas, más no en ninguna de las re-inspecciones (ver Figura 4.7).

- Factor máquina

La planta de estudio cuenta con cinco máquinas de cada tipo (gases, luces, visual, test line). En la descripción de los equipos también incluirá a las demás estaciones. En la estación de luces se considerará a los rieles de desplazamiento como parte de la máquina y, en la estación de visual, a la zanja de inspección, ya que en ambos casos su operatividad depende uno del otro (Tabla 4.11).

Tabla 4-11 Descripción de equipos

	Equipos	Dimensiones	Area
Estación de gases	Opacímetro, analizador de gases, cámara de gases, mangueras y sondas	2m x 1.5m	3m <sup>2</sup>
Estación de Luces	Luxometro, rieles de desplazamiento	1.8m x 0.8m	1.44m <sup>2</sup>
Estación de visual	Platos de holguras y Zanja de inspección	Platos=0.75m x 0.75	0.56m <sup>2</sup>
		Zanja= 1.2m x 8m x 2m	9.6m <sup>2</sup> x 2m
Estación de test line	Frenometro, banco de suspensión, alineamiento al paso	2.5m x 3m	7.5m <sup>2</sup>
Estación de caja	Caseta que incluye computadora, impresora y caja	3m x 2m	6m <sup>2</sup>
Estación de ingreso de datos	Caseta que incluye computadora	1m x 1m	1m <sup>2</sup>
Estación de certificación	Caseta que incluye computadora, impresora y mueble de trabajo	4m x 2.5m	10m <sup>2</sup>

Elaboración propia

Ya se mencionó cuál es el requerimiento de máquinas o estaciones de trabajo para cada año de operación. En base a ello se planteará la distribución de la planta (Tabla 4.8).

- Factor hombre

En cada estación de trabajo se requiere un mecánico, operario o digitadora. Esto dependerá de la estación de trabajo. Solo en la estación de certificación se requiere a dos personas, mientras que en las demás estaciones solo se necesita una (Tabla 4.12). Actualmente se cuenta con 15 mecánicos, 6 operarios y 10 digitadoras, los cuales son los encargados de brindar el servicio. Además, dirigiendo la línea se encuentran los ingenieros de planta (2) y el supervisor de línea (1).

Tabla 4-12 Personal requerido en cada estación de trabajo

	Personal	Cantidad mínima
Caja	Digitadora	1
Caseta de ingreso de datos	Digitadora	1
Estación de gases	Mecánico	1
Estación de luces	Operario	1
Estación de inspección visual	Mecánico	1
Estación de test line	Mecánico	1
Estación de entrega de resultados	Digitadora	2

Elaboración propia

- Factor movimiento

El vehículo que va a ser inspeccionado va pasar por una única secuencia, dependiendo del tipo de revisión (ver Tabla 4.10). Para la distribución se considera área de giro del vehículo si fuera necesario y dimensiones del mismo.

- Factor edificio

Se cuenta con un área total de 6549.95m<sup>2</sup>. El área de oficinas es de solo 125m<sup>2</sup>. Además, se cuenta con un techo de estructura metálica de 3332m<sup>2</sup>.

- Factor espera

Actualmente existen tres colas de espera: antes de ingresar a la caja, antes de ingresar a la caseta de ingreso de datos y en el área de entrega de resultados. Se quiere desagregar las colas para que el tiempo de espera sea menor. Ello se podría lograr aumentando las áreas de espera, pero con menor tiempo de espera.

- Factor servicio

El servicio se realiza a campo abierto, no existe problemas de ventilación, la planta cuenta con reflectores a los extremos y en la estructura metálica se cuenta con dos vías de acceso (puerta de entrada y de salida). Asimismo, las instalaciones eléctricas son subterráneas y las instalaciones de red son inalámbricas. Por otra parte, se cuenta con vestuario y comedor para los trabajadores.

- Factor cambio

Este factor es importante en este caso para la distribución a realizar, ya que cada año se aumentarán estaciones de trabajo. Es por ello que se debe prever el requerimiento de espacio y, sobre todo, el flujo de la operación.

#### 4.5.2 Planeamiento sistemático para la distribución

La tabla 4.13 muestra el porcentaje de relaciones entre estaciones de trabajo, las figuras 4.8, 4.9, muestran gráficamente las relaciones entre estaciones de trabajo. Tener como referencia la tabla 4.9

Tabla 4-13 Diagrama relaciones entre estaciones de trabajo

	A	B	C	D	E	F	G
A		69.28%					
B			9.41%	3.09%	82.62%	4.89%	
C				0.73%		70.20%	9.09%
D							75.39%
E			70.61%	1.41%		1.18%	8.81%
F				70.16%			6.71%
G							

Elaboración propia



Figura 4-8 TRA de números  
Elaboración propia

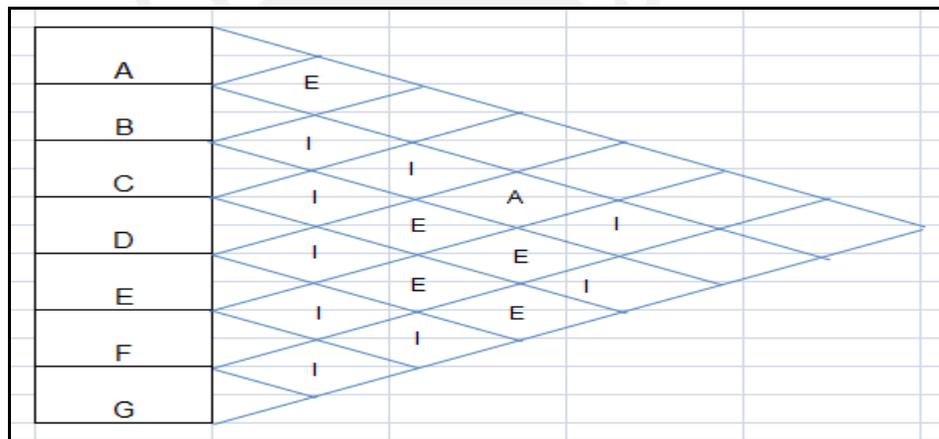


Figura 4-9 TRA de letras  
Elaboración propia

Tabla 4-14 Tabla de ponderación de actividades

	A	B	C	D	E	F	G	Puntaje	Orden
A		E						1000	7
B	E		I	I	A	I		11300	1
C		I		I	E	E	I	2300	3
D		I	I		I	E	E	2300	4
E		A	E	I		I	I	11300	2
F		I	E	E	I		I	2300	5
G			I	E	I	I		1300	6

Elaboración propia

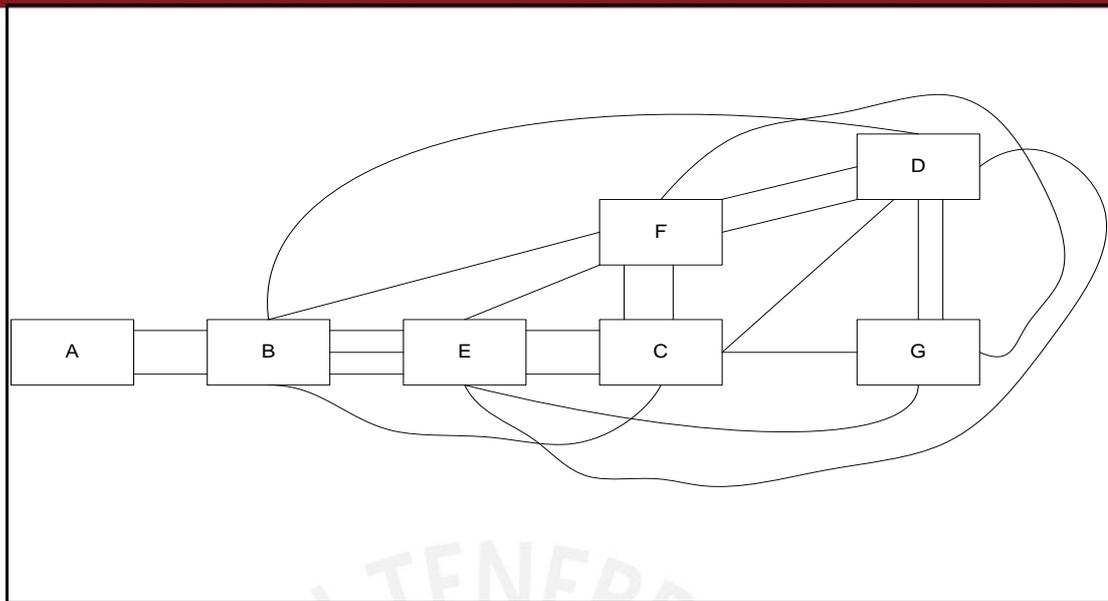


Figura 4-10 Diagrama de relación de actividades (DRA)

Elaboración propia

Con todo lo hallado anteriormente, ya se conocen las relaciones entre las estaciones de trabajo (figura 4.10). Las mayores relaciones se dan en la estación de visual y a la estación de gases. De este gráfico se puede determinar que las líneas completas tendrán la siguiente secuencia: inspección visual, gases, test line y luces. Por último, calcularemos el área total requerida por estación de trabajo. Esto lo calcularemos bajo el método de Guerchet (Tabla 4.15).

Tabla 4-15 Área total requerida por estación de trabajo

	Equipos	N	Cantidad	Area m2	Area x N	SS + SG	K	K(SS+SG)	SS+SG+SE	Por estación
Estación de gases	Opacímetro, analizador de gases, cámara de gases, mangueras y sondas	1	8	3	3	6	0.7	4.2	10.2	81.6
Estación de Luces	Luxómetro, rieles de desplazamiento	1	6	1.44	1.44	2.88	0.7	2.016	4.896	29.376
Estación de visual	Platos de holguras y Zanja de inspección	1	8	20	20	40	0.7	28	68	544
Estación de test line	Frenómetro, banco de suspensión, alineamiento al paso	1	7	7.5	7.5	15	0.7	10.5	25.5	178.5
Estación de caja	Caseta que incluye computadora, impresora y caja	1	3	6	6	12	0.45	5.4	17.4	52.2
Estación de ingreso de datos	Caseta que incluye computadora	1	7	1	1	2	0.45	0.9	2.9	20.3
Estación de certificación	Caseta que incluye computadora, impresora y mueble de trabajo	1	5	10	10	20	0.45	9	29	145
										1050.976

Elaboración propia

### 4.5.3 Propuestas de distribución

Se ha planteado una distribución para cada año del proyecto. Como se puede observar en las tablas y anexos, se han establecido líneas de escape entre las líneas de inspección. Con ello se busca que, cuando un vehículo regrese para una re-inspección, pueda salir o entrar a la línea desde cualquier punto. Además, se han planteado estaciones aisladas debido a la demanda de esa estación de trabajo. También hay líneas que no cuentan con líneas de escape, las cuales se destinan exclusivamente a clientes nuevos que requieren atención completa.

#### a) Distribución actual

La distribución actual muestra líneas de producción iguales, no existe distinción para inspecciones completas y re-inspecciones, esta distribución ocasiona demoras y cuellos de botella, ya que los vehículos que vienen solo por dos pruebas tienen que hacer la misma cola y pasar por el mismo flujo que un vehículo que viene a pasar todas las pruebas (ver figura 4.11)

#### b) Distribución año 1

Se plantea para el primer año del proyecto, una distribución diferenciada para inspecciones completas y re-inspecciones, como se puede observar (ver figura 4.12) existen tres líneas que no tienen desfogue, estas líneas son para inspecciones completas; además se plantea dos líneas de producción solo para la estación de inspección visual, otra línea de producción para gases y test line, y por ultimo una línea de producción que contiene una estación visual, test line y luces, en esta última se observa un desfogue al medio, de esta manera el vehículo puede salir apenas termine la prueba que tenga que pasar. El número de estaciones de trabajo obedece a un cálculo de balance de línea de acuerdo a la demanda para ese año (ver figura 4.12)

### c) Distribución año 2 y 3

La distribución para estos años, considera las nuevas estaciones de trabajo de acuerdo a la demanda calculada, teniendo la misma premisa de la primera distribución, discernir los tipos de inspección. Se aumentó estaciones de certificación, estación de caja, la propuesta también añade contratar auxiliares de tránsito, ya que existen líneas de desfogue por ambos lados y podrían haber accidentes (Ver Anexo 4 y 5)

### d) Distribución año 4

La propuesta para el último año del proyecto muestra el acomodo óptimo de acuerdo al número de estaciones calculado para este periodo, se utiliza el total del terreno, agregando estaciones de trabajo que no obstaculicen al tránsito de vehículos, la nueva distribución de planta tiene como objetivo la disminución del tiempo de atención y por lo tanto el aumento de la capacidad instalada. Se estima que la capacidad instalada aumento en 12% (ver figura 4.13)

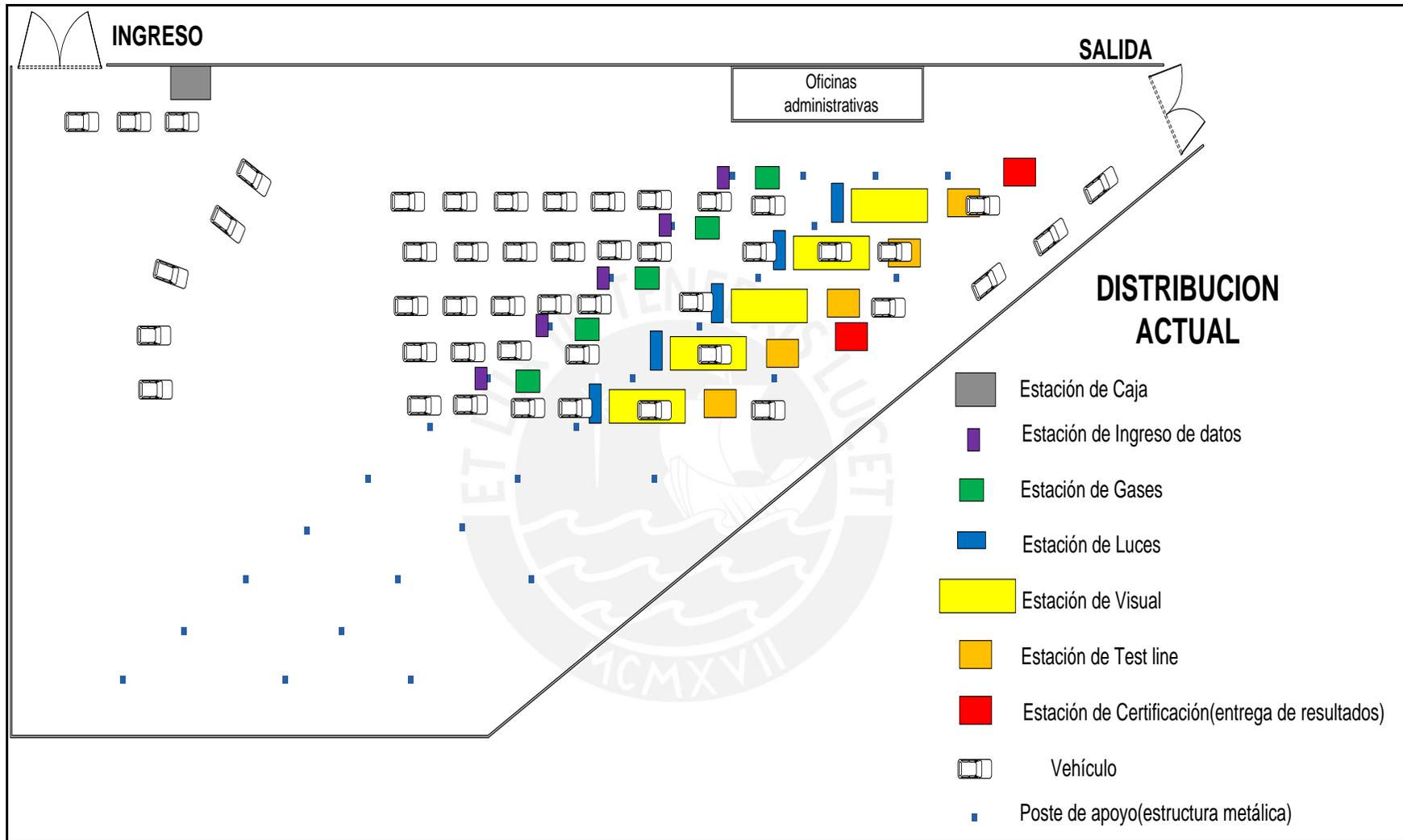


Figura 4-11 Distribución actual

Elaboración propia

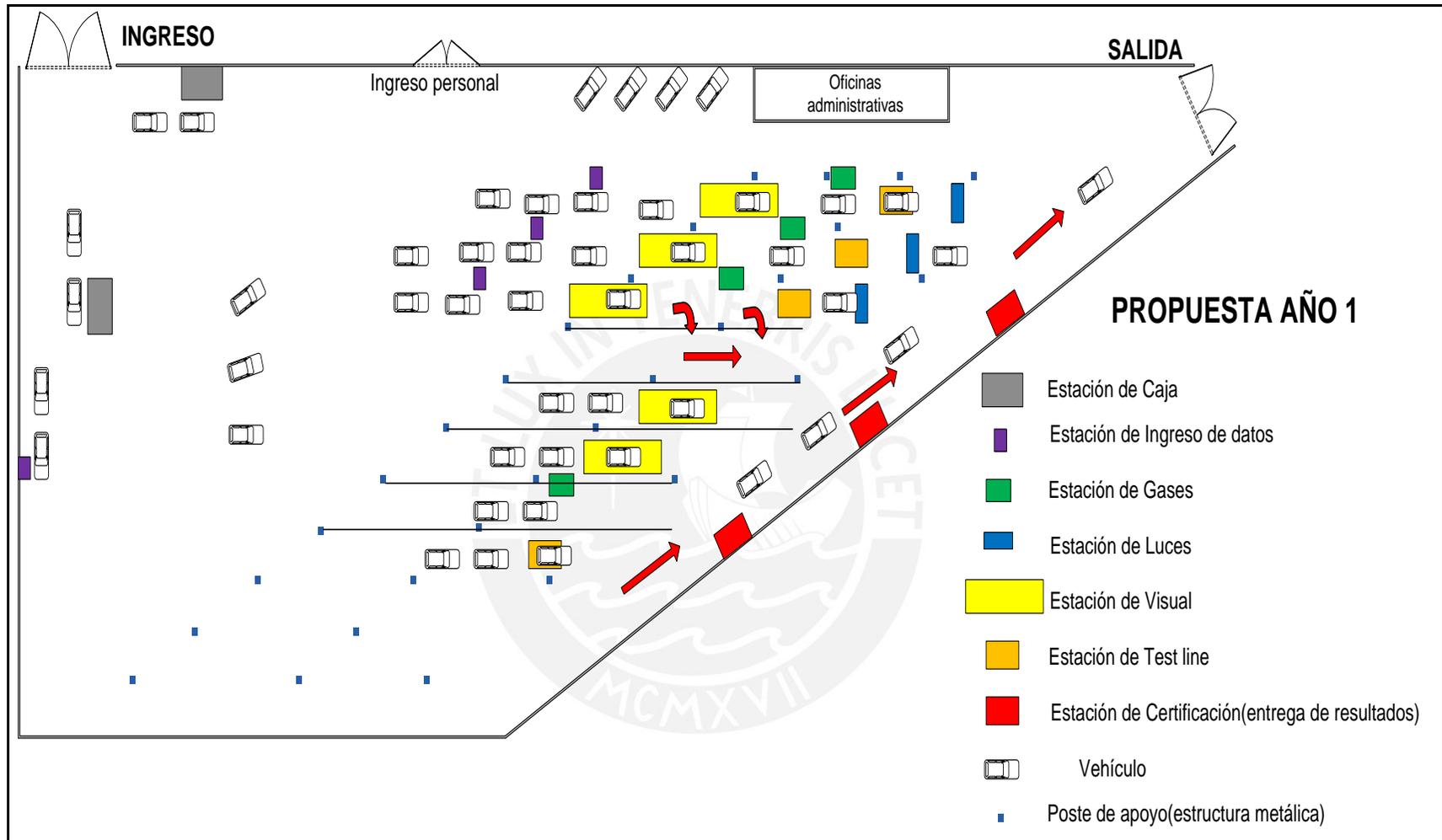


Figura 4-12 Propuesta de distribución de planta para el año uno  
Elaboración propia

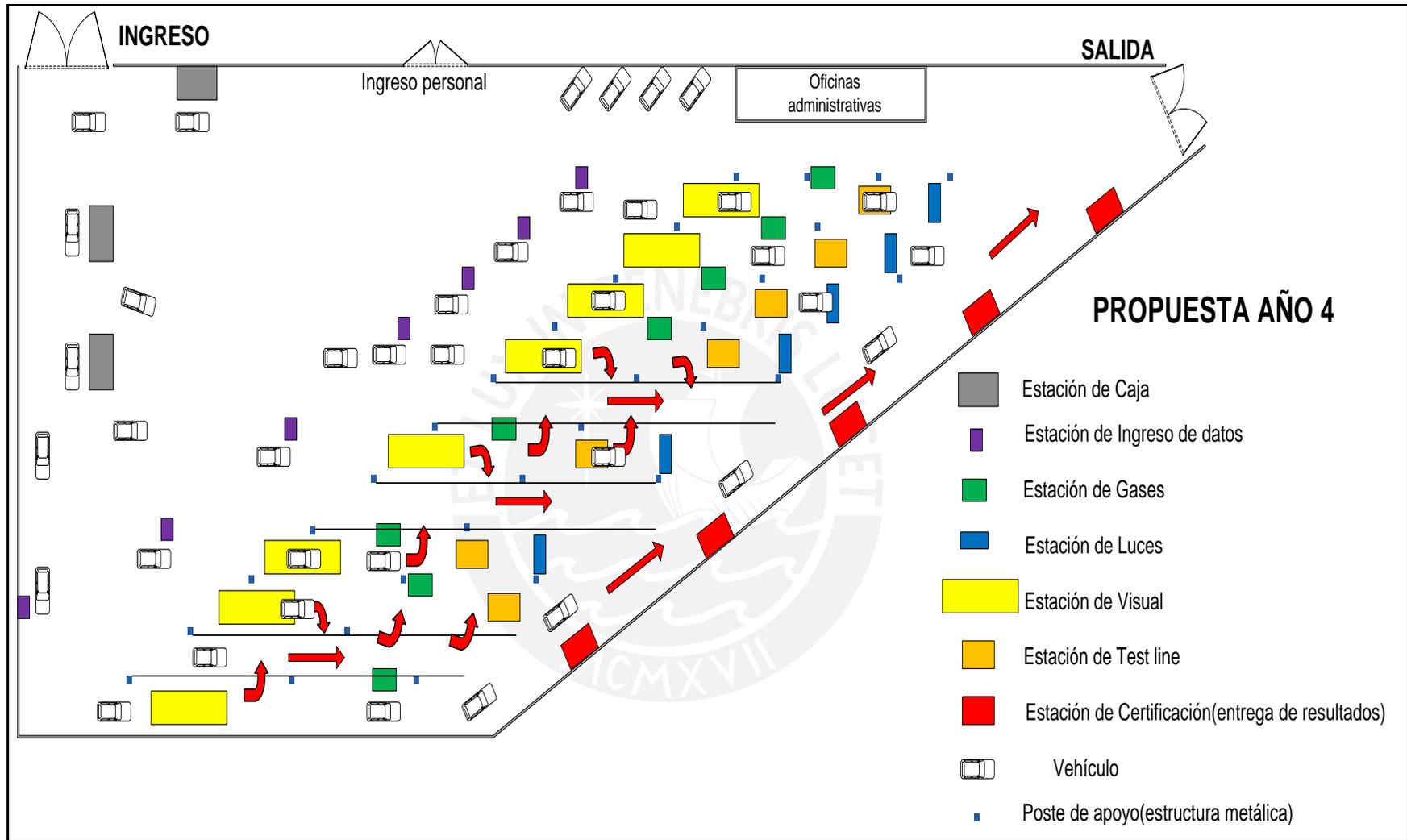


Figura 4-13 Propuesta de distribución de planta para el año cuatro

Elaboración propia

## 5 CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO

En este capítulo se analizará si las mejoras propuestas son rentables para la empresa en un futuro. Se van a realizar dos flujos de caja distintos. En primer lugar, se encuentra un flujo solamente para propuestas de mejora, en el cual se calcularán los costos incurridos para realizar la mejora y se proyectarán los ahorros como ingresos. Estos ingresos van a ser considerados del ahorro en hora hombre. En segundo lugar, se encuentra el flujo de caja, el cual se realizará para las distribuciones de planta propuestas. Se calcularán los costos de implementar cada distribución y los ingresos serán considerados del diferencial de atender más carros. Esto quiere decir que con la nueva distribución para cada año se tiene la posibilidad de atender a más vehículos, se amplió capacidad de planta. Este diferencial serán los ingresos para el flujo de caja.

### 5.1 Costos para la mejora de procesos

A continuación se pasa a detallar los costos incurridos en cada una de las propuestas de mejora. Estos costos pueden ser únicos o pueden ser costos mensuales (ver Tabla 5.1).

Tabla 5-1 Costos por tipo de pago

Inversiones	Tipo de pago	Costo
Configuración de la página web para ingreso de datos	Único	S/. 1,500
Formato de zanja( hojas e impresiones)	Mensual	S/. 310
Mueble para la estación de certificación	Único	S/. 380
Útiles para aplicación de 5s (útiles de limpieza formatos)	Mensual	S/. 600
Programa de capacitación	Mensual	S/. 2,500
Equipos y utensilios para el programa de mantenimiento	Mensual	S/. 3,500

Elaboración propia

Estos son los costos que se deben asumir para comenzar con el proyecto de mejora de procesos en cada estación de trabajo.

## 5.2 Cálculo del ahorro en H-H

Primero se calculó el costo de hora hombre para cada personal del servicio. Se considera personal de servicio a todo aquel que brinda atención de manera directa a los clientes, en otras palabras, la mano de obra directa. (Ver Tabla 5.2)

Tabla 5-2 Cálculo de H-H

Personal	Cantidad	Básico mensual	CTS	EsSalud	Total Mensual	Total Anual	Costo de H-H
Mecánico	1	S/. 1,500	S/. 125	S/. 135	S/. 1,760	S/. 24,390	S/. 10.59
Operador	1	S/. 900	S/. 75	S/. 81	S/. 1,056	S/. 14,634	S/. 6.35
Digitadora	1	S/. 1,000	S/. 83	S/. 90	S/. 1,173	S/. 16,260	S/. 7.06

Elaboración propia

Luego, se procedió a calcular el promedio de ahorro en hora hombre para cada mes. Este cálculo se logra analizando el tiempo de servicio por estación de trabajo. Se comparó el tiempo actual y el tiempo estimado de la mejora por estación de trabajo. En seguida, se multiplicó con la cantidad promedio de vehículos al mes. De esta manera, se obtuvo el ahorro mensual en hora hombre (ver tabla 5.3)

Tabla 5-3 Cálculo de ahorro mensual H-H

Estaciones	Personal	Tiempo Actual(min)	Tiempo Mejorado (estimado)	Ahorro por vehículo (min)	Vehículos promedio al mes(Año 1)	Ahorro promedio en horas(mensual)
Caja	Digitadora	2.45	2.45	0.00	16678	0.00
Caseta de ingreso de datos	Digitadora	5.67	4.55	1.12	16442	306.96
Estación de gases	Mecánico	5.55	4.82	0.73	18284	221.39
Estación de luces	Operario	3.70	3.70	0.00	17174	0.00
Estación de inspección visual	Mecánico	7.17	6.00	1.16	18532	358.41
Estación de test line	Mecánico	5.07	4.89	0.18	17392	52.36
Estación de entrega de resultados	Digitadora	6.15	5.08	1.07	19826	352.26

Elaboración propia

La tabla 5.4 muestra el ahorro mensual que se obtendría con la mejora de procesos. Este ahorro va a ser considerado como nuestro ingreso para realizar el flujo de caja.

Tabla 5-4 Cálculo de ahorro mensual

Estaciones	Personal	Tiempo Actual(min)	Tiempo Mejorado (estimado)	Ahorro por vehículo (min)	Vehículos promedio al mes(Año 1)	Ahorro promedio en horas(mensual)	Costo de H-H	Ahorro por mejoras (mensual)(S/.)
Caja	Digitadora	2.45	2.45	0.00	16678	0.00	S/. 7.06	S/. 0.00
Caseta de ingreso de datos	Digitadora	5.67	4.55	1.12	16442	306.96	S/. 7.06	S/. 2,166.29
Estación de gases	Mecánico	5.55	4.82	0.73	18284	221.39	S/. 10.59	S/. 2,343.59
Estación de luces	Operario	3.70	3.70	0.00	17174	0.00	S/. 6.35	S/. 0.00
Estación de inspección visual	Mecánico	7.17	6.00	1.16	18532	358.41	S/. 10.59	S/. 3,794.09
Estación de test line	Mecánico	5.07	4.89	0.18	17392	52.36	S/. 10.59	S/. 554.33
Estación de entrega de resultados	Digitadora	6.15	5.08	1.07	19826	352.26	S/. 7.06	S/. 2,485.99
								S/. 11,344.30

Elaboración propia

Este sería el ahorro promedio mensual una vez aplicada la mejora de procesos.

Por último, se calculará el flujo de caja para un año y se efectuará la evaluación del VAN y el TIR. Estas herramientas nos permitirán evaluar la rentabilidad del proyecto en mención.

### 5.3 Flujo de caja para la mejora de procesos

Cabe mencionar que, para el cálculo del Van, se utilizó una tasa del 20%. Este dato es el promedio de retorno con que cuenta la empresa para proyectos de este tipo.

El proyecto resultó rentable, ya que el VAN fue mayor a 0 y la TIR mucho mayor al esperado de la empresa. Por estas razones, el proyecto aplicado a la mejora de procesos es viable (ver Tabla 5.5).

Tabla 5-5 Flujo de caja para la mejora de procesos

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344
Ahorro por mejoras en el proceso		S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344	S/. 11,344
<b>EGRESOS</b>	<b>-S/. 1,880</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>	<b>-S/. 6,910</b>
Configuración de la pagina web para ingreso de datos	S/. 1,500												
Formato de zanja( hojas e impresiones)		S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310	S/. 310
Mueble para la estacion de certificacion	S/. 380												
Utiles para aplicación de 5s (utiles de limpieza formatos)		S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600	S/. 600
Programa de capacitacion		S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 2,500
Equipos y utencilios para el programa de mantenimiento		S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500	S/. 3,500
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>-S/. 1,880</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>	<b>S/. 4,434</b>
VAN ECONOMICO	S/. 17,804.80	VANE>0, Proyecto es Viable											
TIR	236%	TIR>Rentabilidad, esperada Proyecto es Rentable											

Elaboración propia

## 5.4 Costos para la distribución de planta

Para la distribución de la planta se están considerando costos de traslado e instalación de máquinas, ya que se va modificar la distribución para cada año (agregando nuevas máquinas y optimizando el flujo). El costo de distribución del primer año es bastante considerable, ya que implica remover todas las máquinas y reubicarlas. Para las distribuciones de los años 2,3 y 4, los costos de instalación son menores, ya que en la primera distribución se previeron las futuras distribuciones; además, se agregan a los costos mensuales los sueldos de los inspectores de tránsito. Este costo es considerado, ya que es parte de la propuesta de distribución (ver Tabla 5.6).

Tabla 5-6 Costos de distribución de planta

Inversiones	Tipo de pago	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
		Costo	Costo	Costo	Costo
Movimiento de tierras para colocación de maquinas	Al inicio del año	S/. 5,500.00	S/. 2,000.00	S/. 2,200.00	S/. 3,200.00
Resanado de los espacios para colocación de maquinas	Al inicio del año	S/. 4,000.00	S/. 1,800.00	S/. 2,400.00	S/. 2,800.00
Relleno y asfalto para espacio dejado por maquinas	Al inicio del año	S/. 6,800.00	S/. 2,300.00	S/. 3,100.00	S/. 3,900.00
Instalación de maquinas	Al inicio del año	S/. 8,000.00	S/. 4,000.00	S/. 4,200.00	S/. 5,100.00
Movimiento e instalación de casetas (ingreso de datos, certificación)	Al inicio del año	S/. 2,500.00	S/. 1,200.00	S/. 800.00	S/. 700.00
Abrir puerta de ingreso a personal	1 vez	S/. 3,500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Inspectores de tránsito	Mensual	S/. 2,464.00	S/. 3,285.33	S/. 4,928.00	S/. 5,749.33

Elaboración propia

## 5.5 Cálculo de los ingresos

En la etapa de propuestas de distribución de planta, se mencionó que las distribuciones propuestas habrían aumentado la capacidad en un 12%. Esto quiere decir que a la demanda proyectada se le suma el diferencial de capacidad obtenido por una buena distribución. Cabe considerar que no se espera lograr llenar este 12% al final del año. En un escenario intermedio se espera adquirir el 5%. De esta manera es cómo se han calculado los ingresos (ver tabla 5.7)

Tabla 5-7 Pronóstico de ingresos

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Promedio de vehiculos facturados mensualmente	16678	21828	28542	36820
Se espera recibir(5%)	834	1091	1427	1841
Ingresos en S/. (mensuales)	S/. 58,371.25	S/. 76,396.83	S/. 99,896.42	S/. 128,871.46

Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, solo se espera recibir el 5% del diferencial de capacidad.

## 5.6 Flujo de caja para la implementación de una distribución de planta para cada uno de los cuatro años del proyecto

Cabe mencionar que para el cálculo del Van se utilizó una tasa del 20% como costo promedio ponderado. Este dato es el promedio de retorno que tiene la empresa para proyectos de este tipo.

El proyecto resulto rentable para todos los años, ya que el VAN fue mayor a 0 y la TIR mucho mayor al esperado por la empresa. Por estas razones, el proyecto aplicado a la distribución de planta es viable. Se puede observar que el VAN y la TIR fueron aumentando conforme pasaban los años (ver Tabla 5.8, 5.9, 5.10, 5.11).

Tabla 5-8 Flujo de caja año uno

AÑO 1	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25
Ingresos por mayor capacidad de planta		S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25	S/. 58,371.25
<b>EGRESOS</b>	S/. -30,300.00	S/. -19,465.95	S/. -28,555.95										
Movimiento de tierras para colocación de maquinas	S/. 5,500.00												
Resanado de los espacios para colocación de maquinas	S/. 4,000.00												
Relleno y asfalto para espacio dejado por maquinas	S/. 6,800.00												
Instalación de maquinas	S/. 8,000.00												
Movimiento e instalación de casetas (ingreso de datos, certificación)	S/. 2,500.00												
Abrir puerta de ingreso a personal	S/. 3,500.00												
Inspectores de transito		S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00	S/. 2,464.00
IGV por ingresos		S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78	S/. 9,319.78
Impuesto a la renta		S/. 7,682.18	S/. 16,772.18										
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	S/. -30,300.00	S/. 38,905.30	S/. 29,815.30										
VAN ECONOMICO	S/. 109,631.56	VAN<0, Proyecto es Viable											
TIR	114%	TIR>Rentabilidad, esperada Proyecto es Rentable											

Elaboración propia

Tabla 5-9 Flujo de caja año dos

AÑO 2	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83
Ingresos por mayor capacidad de planta		76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83	76,396.83
<b>EGRESOS</b>	-11,300.00	-34,026.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60	-37,416.60
Movimiento de tierras para colocación de maquinas	2,000.00												
Resanado de los espacios para colocación de maquinas	1,800.00												
Relleno y asfalto para espacio dejado por maquinas	2,300.00												
Instalación de maquinas	4,000.00												
Movimiento e instalación de casetas (ingreso de datos, certificación)	1,200.00												
Abrir puerta de ingreso a personal													
Inspectores de transito		3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33	3,285.33
IGV por ingresos		12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81	12,197.81
Impuesto a la renta		18,543.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45	21,933.45
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-11,300.00	42,370.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24	38,980.24
VAN ECONOMICO	S/. 459,852.84	<b>VANE&gt;0, Proyecto es Viable</b>											
TIR	369%	<b>TIR&gt;Rentabilidad, esperada Proyecto es Rentable</b>											

Elaboración propia

Tabla 5-10 Flujo de caja año tres

AÑO 3	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42
Ingresos por mayor capacidad de planta		99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42	99,896.42
<b>EGRESOS</b>	-12,700.00	-45,558.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37	-49,368.37
Movimiento de tierras para colocación de maquinas	2,200.00												
Resanado de los espacios para colocación de maquinas	2,400.00												
Relleno y asfalto para espacio dejado por maquinas	3,100.00												
Instalación de maquinas	4,200.00												
Movimiento e instalación de casetas (ingreso de datos, certificación)	800.00												
Abrir puerta de ingreso a personal													
Inspectores de transito		4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00	4,928.00
IGV por ingresos		15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85	15,949.85
Impuesto a la renta		24,680.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53	28,490.53
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-12,700.00	54,338.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04	50,528.04
VAN ECONOMICO	S/. 597,446.52	<b>VANE&gt;0, Proyecto es Viable</b>											
TIR	422%	<b>TIR&gt;Rentabilidad, esperada Proyecto es Rentable</b>											

Elaboración propia

Tabla 5-11 Flujo de caja año cuatro

AÑO 4	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46
Ingresos por mayor capacidad de planta		128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46	128,871.46
<b>EGRESOS</b>	-15,700.00	-58,552.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09	-63,262.09
Movimiento de tierras para colocación de maquinas	3,200.00												
Resanado de los espacios para colocación de maquinas	2,800.00												
Relleno y asfalto para espacio dejado por maquinas	3,900.00												
Instalación de maquinas	5,100.00												
Movimiento e instalación de casetas (ingreso de datos, certificación)	700.00												
Abrir puerta de ingreso a personal													
Inspectores de transito		5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33	5,749.33
IGV por ingresos		20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12	20,576.12
Impuesto a la renta		32,226.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64	36,936.64
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>-15,700.00</b>	<b>70,319.37</b>	<b>65,609.37</b>										
VAN ECONOMICO	S/. 776,322.47	<b>VAN&gt;0, Proyecto es Viable</b>											
TIR	442%	<b>TIR&gt;Rentabilidad, esperada Proyecto es Rentable</b>											

Elaboración propia

## 6 CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

A través de las alternativas propuestas, se llegaron a las siguientes conclusiones.

- **Se eliminó la incertidumbre de la demanda futura y el número de estaciones de trabajo a requerir.**

Se analizó la data histórica de inspecciones por estaciones de trabajo. Se utilizaron herramientas de cálculo de pronóstico eligiendo la de menor error (0.34%). Se calculó la demanda histórica para los próximos cuatro años. Con los datos de demanda y los tiempos ajustados con la mejora de procesos se realizó un balance de línea para cada año en mención. Con ello se calculó el número de estaciones de trabajo a requerir para cada año.

- **Se obtuvo una ampliación de la capacidad de atención en vehículos y una rentabilidad a causa de la distribución de planta.**

Se planteó una distribución de planta para cada año del proyecto, con lo cual se amplió la capacidad de atención en un 12%. Todas las empresas del rubro ofrecen una distribución de planta estándar: ofrecen líneas de inspección completa y no distribuidas por estación de mayor afluencia de vehículos. Es por ello que las distribuciones propuestas logran tal impacto de mejoría.

- **Se obtuvo una mayor rentabilidad mediante las propuestas de mejora para cada estación de trabajo**

Se calculó el ahorro por H-H que se genera al implementar las propuestas de mejora para cada estación de trabajo. Luego, se procedió a calcular el costo de H-H pagado por la empresa a cada operario de la estación de trabajo. Con estos datos se calculó un ahorro mensual monetario generado por la disminución de tiempos en cada estación de trabajo. Posteriormente, se planteó un flujo de caja para el primer

año definiendo el ahorro como ingreso y los costos de la implementación como egresos. Como resultado se obtuvo un VAN económico de S/. 17, 804.80.

- **Se logró una reducción de tiempo en todas las estaciones de trabajo**

Se redujo el tiempo de operación en casi todas las estaciones de trabajo. En la estación de ingreso de datos se planteó crear un acceso de pre-ingreso mediante una página web. Esto trajo consigo un estimado de reducción del 13%. En la estación de inspección visual se creó un formato check list para agilizar el recojo de la información. Con este formato se estima recortar el tiempo de operación en un 16%. En la estación de entrega de certificados se planteó una remodelación de la estación de trabajo: con la creación de muebles especiales para el trabajo a realizar se estima reducir el tiempo en un 17%.

- **Se logró eliminar valores fuera de control**

Se llevó a cabo la propuesta del programa de mantenimiento integral para todas las estaciones de trabajo. Con ello se busca eliminar las demoras causadas por equipos en mal estado y, además, que las maquinas no arrojen valores fuera de control.

## 6.2 Recomendaciones

Se detallan los estudios posteriores que se recomienda llevar a cabo para las propuestas de mejora.

- **Complementar la propuesta del programa del mantenimiento con un estudio de implementación de la filosofía TQM y TPM**

La propuesta del plan de mantenimiento se basa en el cuidado preventivo y correctivo de los equipos por personal destacado en el área de mantenimiento. Un estudio recomendable y aplicable para el presente trabajo es la implementación de la filosofía TQM y TPM, las cuales se basan en la autonomía del trabajador. Con ello se puede llegar a disminuir los costos de mantenimiento y las demoras ocasionadas por problemas de mantenimiento.

- **Complementar el estudio del programa de capacitaciones**

La propuesta del programa de capacitaciones se basa en la superación personal del técnico mecánico. Conforme estos técnicos vayan ascendiendo de puesto, puede resultar valioso que compartan sus experiencias de trabajo con otros técnicos que recién empiezan. Es por ello que se recomienda que se realice el estudio para implantar círculos de calidad cada cierto tiempo planteando diversos temas, como manejo de equipos, procedimientos de trabajo, etc.

- **Implementar un área de mejora continua**

El presente trabajo elabora propuestas de mejora para las causas fundamentales de los problemas, pero la mayoría de estas causas tienen su fin en las demoras, es decir, en tiempos de producción. En estos casos se recomienda crear el área de mejora continua, ya que siempre se pueden mejorar y ajustar aún más los tiempos de producción, a la vez que ajustar procedimientos y realizar constantes evaluaciones para la mejora continua.

- **Implementar alternativas de planes de muestreo**

Se recomienda realizar un muestreo múltiple y secuencial para la toma de tiempos. En esta aplicación del caso solo se realizó un muestreo simple para las tomas de tiempo de las estaciones de trabajo. Se tendría que elegir un mejor plan de muestreo para obtener datos más exactos.

- **Implementar una simulación del proceso de revisión técnica**

Otra alternativa interesante sería hallar la cantidad de puestos de trabajo no como se llevó a cabo en este estudio, mediante un balance de línea, sino efectuando una simulación del proceso y encontrando escenarios óptimos de cantidad de estaciones. Este estudio brindaría un alcance más exacto de la demanda por horas de trabajo, con lo que se tiene la posibilidad de abrir o cerrar estaciones a ciertas horas del día, dependiendo de la distribución de la cola. Esto trae consigo la elección de un mejor método de muestreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAZ, Bertha y Benjamin JARUFE y Teresa NORIEGA  
2007 *Disposición de planta*. Segunda edición. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- KRAJEWSKI, Lee y Larry RITZMAN y Manoj MALHOTRA  
2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Octava edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.
- KRAJEWSKI, Lee y Larry RITZMAN  
2000 *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Quinta edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.
- MARTÍNEZ OROPESA, Ciro  
1996 “*Condiciones de trabajo y mejora productiva*”. *Ingeniería Industrial*. Lima, año 5, número 17, pp. 61-69.
- MEYERS, Fred y Matthew STEPHENS  
2006 *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Tercera edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.
- MONTGOMERY, Douglas C.  
2005 *Control estadístico de la calidad*. Tercera edición. México D.F.: Limusa Wiley.
- MUTHER, Richard  
1981 *Distribución en planta*. Carmelo Cabré. Cuarta edición. Nueva York: Hispano Europea.
- NIEBEL W. Benjamin y Andris FREIVALDS  
2004 *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Onceava edición. México D.F.: Alfaomega.

## OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO

1996 *Introducción al estudio del trabajo*. Cuarta edición. Ginebra:  
Oficina Internacional del Trabajo.

RAMÍREZ CAVASSA, César

2008 *Ergonomía y Productividad*. Segunda edición. México: Limusa.

RAU, José

2010 *Ingeniería de plantas*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad  
Católica del Perú.

TOMPKINS, James y John WHITE

2006 *Planeación de instalaciones*. Tercera edición. México D.F.:  
Thomson.

VARGAS, Jorge y José RAU y Mery LEÓN

2010 *Planeamiento y control de operaciones*. Lima: Fondo Editorial  
Pontificia Universidad Católica del Perú.

## ANEXOS

### ANEXO 1

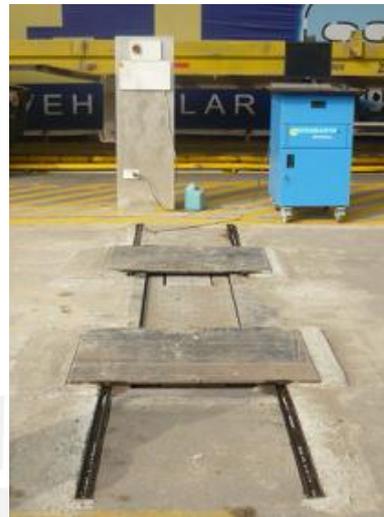
Equipo : OPACIMETRO



Equipo : ANALIZADOR DE GASES



Equipo : BANCO DE SUSPENSION



Equipo : LUXÓMETRO



Equipo : DETECTOR DE HOLGURAS



Equipo: ALINEAMIENTO AL PASO / FRENO METRO



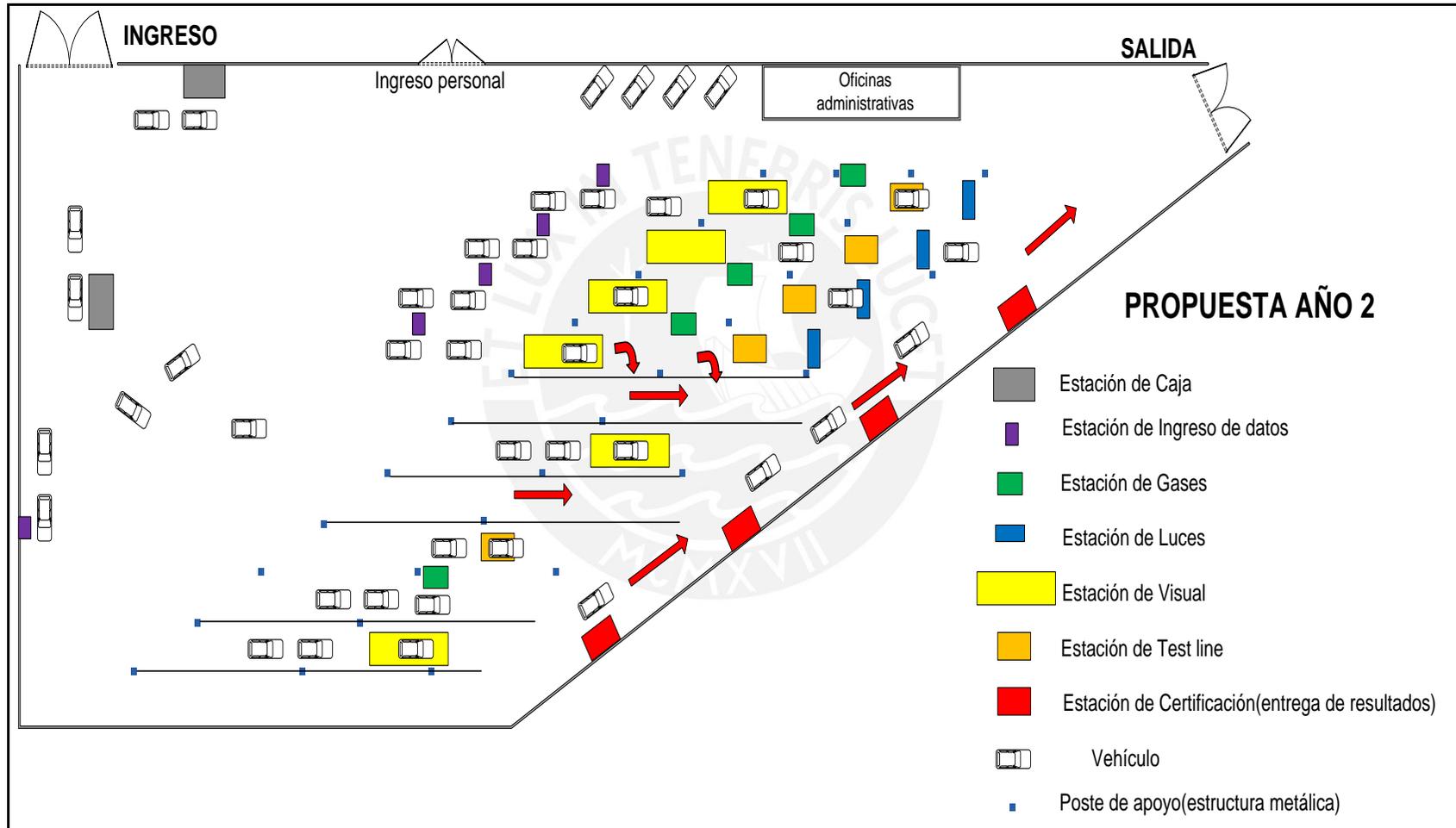
## ANEXO 2

MUESTRA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X prom	S prom	
1	5.67	7.20	1.76	6.14	2.69	5.62	5.28	3.67	6.18	6.29	5.05	1.75389725	
2	5.85	3.78	7.17	5.23	2.97	3.41	3.53	2.67	3.02	4.43	4.21	1.45878336	
3	6.81	6.71	7.34	7.61	6.51	7.27	7.07	7.42	7.18	6.82	7.07	0.35154263	
4	3.67	5.23	4.48	4.89	2.63	4.12	3.89	4.51	5.02	3.97	4.24	0.76509186	
5	6.11	7.22	6.69	3.62	5.55	4.46	6.72	4.12	5.26	4.06	5.38	1.28008203	
6	7.54	6.72	3.65	2.65	1.91	6.23	4.53	5.87	6.44	6.18	5.17	1.88455595	
7	4.17	3.80	4.57	5.23	4.46	4.35	3.63	3.75	3.84	4.96	4.28	0.54012756	
8	4.56	3.89	4.54	3.67	4.71	5.23	4.97	7.43	7.54	7.03	5.36	1.44326058	
9	7.12	7.01	7.31	6.63	7.23	7.25	7.65	7.56	6.23	7.03	7.10	0.42015341	
10	4.23	5.66	5.12	2.35	6.36	4.19	5.23	4.92	3.67	4.73	4.65	1.11649451	
11	5.87	4.23	5.18	6.07	2.75	4.44	5.73	4.61	2.98	4.83	4.67	1.13538491	
12	4.67	4.70	5.73	4.62	7.19	1.89	3.25	3.56	4.73	4.11	4.45	1.42459546	
13	2.97	4.23	5.07	2.56	4.56	3.63	4.22	4.27	5.47	6.48	4.35	1.15557778	
14	5.76	4.82	5.71	7.19	7.23	4.06	6.33	4.67	3.35	3.53	5.27	1.40734778	
15	4.31	4.72	4.65	4.77	5.83	3.23	6.11	7.24	7.01	7.42	5.53	1.41025963	
16	7.04	7.17	7.21	7.12	6.89	7.07	7.20	7.82	7.17	7.01	7.17	0.24908722	
17	3.02	3.28	7.02	6.03	5.26	1.67	7.34	3.23	3.67	4.25	4.48	1.86729781	
18	4.98	4.77	6.11	5.86	6.17	1.97	2.53	4.47	2.35	2.75	4.20	1.65252131	
19	3.78	2.16	4.71	3.94	4.23	7.31	5.97	4.02	5.87	2.81	4.48	1.54348091	
20	4.56	7.16	5.02	7.42	5.73	6.14	4.46	5.42	7.83	2.69	5.64	1.57151767	
											total	102.725	24.4310596
											promedio	5.13625	1.22155298

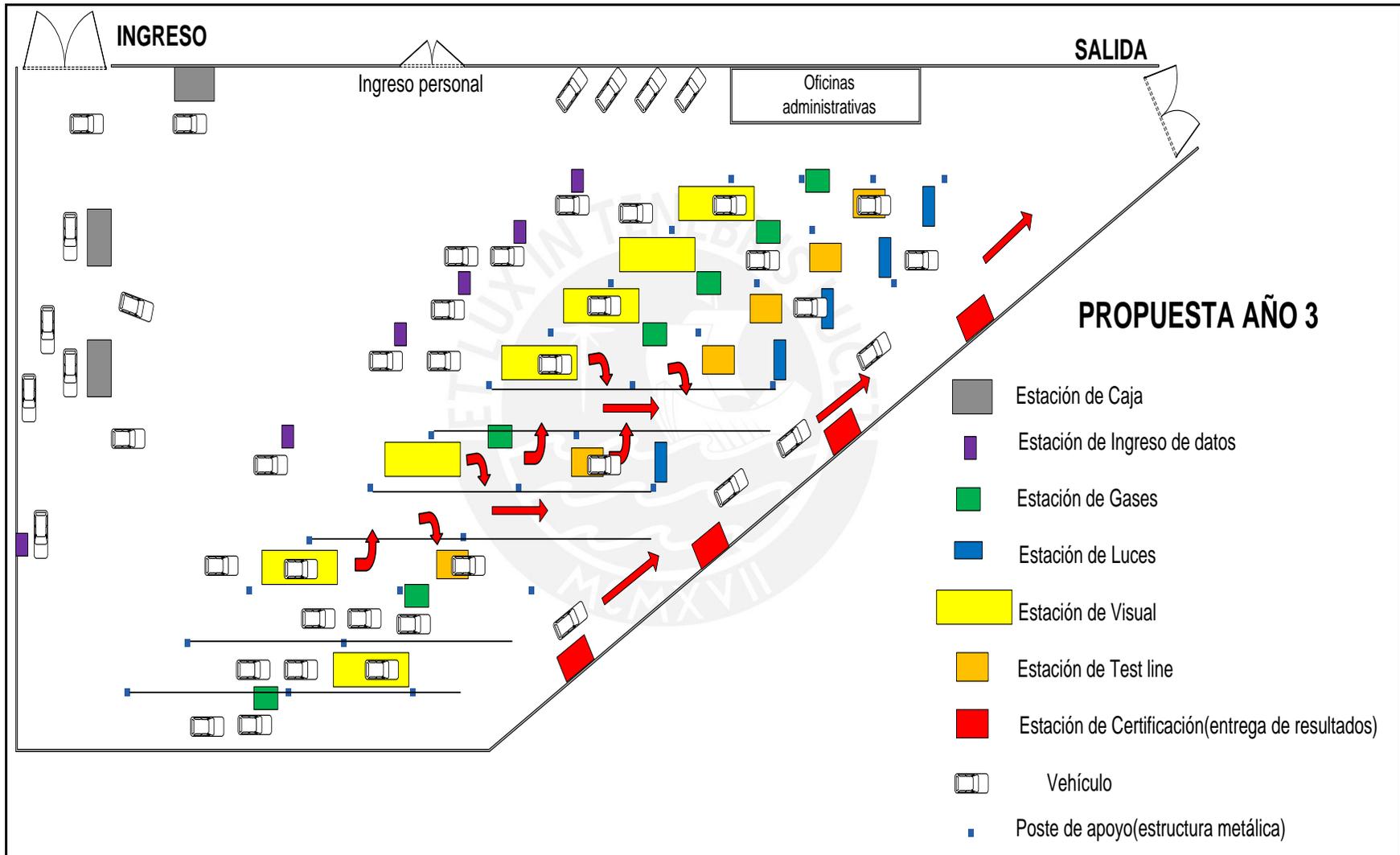
## ANEXO 3

item	Descripción	Ocurrencia	Nivel de impacto	Ponderado	% Acumulado
1	Falta de procedimientos	5	5	25	16.03%
2	Mala distribucion de las lineas de inspeccion	5	4	20	28.85%
3	cuellos de botella en la linea de inspeccion	5	5	25	44.87%
4	Falta de estaciones de trabajo	4	4	16	55.13%
5	Desorden en la estacion de trabajo	3	5	15	64.74%
6	Las maquinas arrojan valores errados	3	4	12	72.44%
7	Falta de capacitacion del personal	3	4	12	80.13%
8	No se utiliza de manera eficiente la maquinaria	2	3	6	83.97%
9	Software es muy lento	2	3	6	87.82%
10	Los clientes no entienden las explicacion del mecanico	3	2	6	91.67%
11	No trabajan con citas de atencion	3	2	6	95.51%
12	Falta de personal (mecanicos,operarios)	2	2	4	98.08%
13	Demoras al reparar las maquinas	1	3	3	100.00%

## ANEXO 4



## ANEXO 5



## ANEXO 6

ESTACION DE GASES											CODIGO DEL LOCAL	FAR-COL															
Fecha de Inicio	Fecha de Terminó	FRECUENCIA					DIARIA	# LINEA DE INSPECCION																			
<b>Herramientas a utilizar</b>								TIEMPO NORMAL	min																		
1																											
2																											
3								<b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL</b>																			
<b>Riesgos de trabajo y medidas preventivas</b>								1	guantes de tela																		
1 emision de gases contaminantes								2	lentes de seguridad																		
2 temperaturas altas en la zona del motor								3	tapones para oido																		
3								4																			
fecha de inspeccion visual	hora	ANALIZADOR DE GASES										OPACIMETRO			responsable	observaciones											
		PC GENERAL					EQUIPO					EQUIPO															
		estado del monitor	estado del mouse	estado del teclado	estado del gabinete	estado del CPU	antena inalambrica	senhal inalambrica	pinza de RPM	tomacorriente	camara de fotos	filtro de tubo	filtro de manguera	filtro de ostia			manguera de sonda	sonda de temperatura	Evaluar resultados de la prueba	sonda para gases	conexiones a equipos	manguera de sonda	sonda de opacidad	sonda de temperatura	Evaluar resultados de la prueba	captador de rpm	camara de absorcion
01/11/2010																											
02/11/2010																											

										ESTACION DE LUCES																				CODIGO DEL LOCAL										FAR-COL									
Fecha de Inicio										Fecha de Termino										FRECUENCIA					DIARIA					# LINEA DE INSPECCION																			
Herramientas a utilizar																																																	
1																				TIEMPO NORMAL										min																			
2																																																	
3																				EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL																													
Riesgos de trabajo y medidas preventivas																				1										guantes de tela																			
1										caida del modulo										2										lentes de seguridad																			
2																				3																													
3																				4																													
fecha de inspeccion visual										hora										LUXOMETRO										responsable										observaciones									
01/11/2010																																																	
02/11/2010																																																	



ESTACION DE TEST LINE										CODIGO DEL LOCAL		FAR-COL											
Fecha de Inicio		Fecha de Termino			FRECUENCIA		DIARIA			# LINEA DE INSPECCION													
Herramientas a utilizar										TIEMPO NORMAL		min											
1																							
2																							
3										EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL													
Riesgos de trabajo y medidas preventivas										1		guantes de tela											
1 caída del modulo hidraulico										2		lentes de seguridad											
2 resbalones en la fosa de inspeccion										3		botas de seguridad											
3 caída a la fosa de inspeccion										4		casco de proteccion											
fecha de inspeccion visual	hora	ESTACION TEST LINE																responsable	observaciones				
		PC GENERAL						ALINEAMIENTO AL PASO				FRENOMETRO				BANCO DE SUSPENSION							
		estado del monitor	estado del mouse	estado del teclado	estado del gabinete	estado del CPU	antena inalambrica	senal inalambrica	Revision de pernos de plataformas	Evaluacion de pines	nivelacion	Evaluar resultados de la prueba	juego de los rodillos	camara de fotos	ajuste de pernos de plataforma	tension de la cadena	Evaluar resultados de la prueba			ajuste de las plataformas	estado de la plataforma	Estado de caja de control	Evaluar resultados de la prueba
01/11/2010																							
02/11/2010																							

## ANEXO 7

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	6338	5897	3508	449
MSE	407195	368797.25	188774.1667	107487.5833
MAD	595.5	565.9166667	399.6666667	257.9166667
PROMEDIO DE ERROR	528.1666667	491.4166667	292.3333333	37.41666667
DESVIACION	374.0223215	372.6664261	335.7196702	340.1939175
MAPE(%)	3.974946343	3.724016135	2.171733501	0.253762505
Estacion de ingreso de datos				

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	7385	7025	4007	891
MSE	478235.75	496638.25	203861.25	183529.4167
MAD	615.4166667	599.0833333	402.9166667	367.75
PROMEDIO DE ERROR	615.4166667	585.4166667	333.9166667	74.25
DESVIACION	329.4591872	409.7789778	317.4229923	440.6809039
MAPE(%)	4.230421071	4.079952781	2.273956332	0.497828625
Estacion de gases				

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	6472	5937	3470	805
MSE	402123	333604.25	187742.3333	179927.0833
MAD	559.6666667	494.75	364.8333333	366.75
PROMEDIO DE ERROR	539.3333333	494.75	289.1666667	67.08333333
DESVIACION	348.3611849	311.2906052	337.0324595	437.4640678
MAPE(%)	3.917561683	3.634616932	2.075200625	0.463589111
Estacion de luces				

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	6868	6721	4114	1191
MSE	430983	492989.75	187147.1667	104286.75
MAD	594.8333333	583.0833333	361.3333333	261.75
PROMEDIO DE ERROR	572.3333333	560.0833333	342.8333333	99.25
DESVIACION	335.8856227	442.2624598	275.5737266	320.9693061
MAPE(%)	3.730892752	3.670257646	2.220759005	0.638618269
Estacion de visual				

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	6350	5993	3641	805
MSE	455130	416955.4167	244727.4167	204559.4167
MAD	585.1666667	550.5833333	392.9166667	376.0833333
PROMEDIO DE ERROR	529.1666667	499.4166667	303.4166667	67.08333333
DESVIACION	437.0720418	427.5151158	408.0985751	467.1685424
MAPE(%)	3.667280345	3.495450364	2.07334307	0.432020021
Estacion de test line				

	Promedio simple	Promedio ponderado	Suavizado exponencial	Suavizado ajustado
CFE	8153	7625	4500	819
MSE	560556.75	557868.5833	191445.1667	60475.58333
MAD	686.9166667	655.0833333	401.5	221.9166667
PROMEDIO D	679.4166667	635.4166667	375	68.25
DESVIACION	328.5501092	410.030034	235.4573885	246.7627219
MAPE(%)	4.306570325	4.042949364	2.367981622	0.450888576
Estacion de entrega de certificados				



## ANEXO 8

Línea de inspeccion		AÑO ACTUAL								Nº turnos/día= 5 Nº hrs x Tur= 8 Nº día/sem= 24		Total min= 57600
		TE (min)	FACTOR EFICIENCIA DE OPERARIO	TE' (min)	FACTOR DE RENDIMIENTO POR REPROCESO	FACTOR DE RENDIMIENTO POR ERROR DE SISTEMA	D	Dproy	Prod. Puesto	Cadencia	N	
1	Caja	2.45	0.9	3.41	1.000	1.15	14925.00	16716.00	19223.4	2.996	1.14	
2	Caseta de ingreso de datos	5.67	0.8	8.86	1.200	1.15	14857.00	16639.84	22963.0	2.508	3.53	
3	Estacion de gases	5.55	0.8	8.67	1.200	1.15	16302.00	18258.24	25196.4	2.286	3.79	
4	Estacion de luces	3.68	0.8	5.74	1.100	1.15	15328.00	17167.36	21716.7	2.652	2.17	
5	Estacion de inspeccion visual	7.17	0.8	11.20	1.100	1.15	17107.00	19159.84	24237.2	2.377	4.71	
6	Estacion de test line	5.07	0.8	7.92	1.100	1.15	16004.00	17924.48	22674.5	2.540	3.12	
7	Estacion de entrega de resultados	6.15	0.9	6.83	1.000	1.1	17726.00	19853.12	21838.4	2.638	2.59	
<b>TOTALES</b>				<b>52.63</b>								
		<b># MAQUINAS REQUERIDAS</b>		<b>% UTILIZACION DE MAQ'S</b>	<b>C' CADENCIA RESULTANTE</b>							
	<b>REAL</b>	<b>ASIGNAD.</b>										
	Caja	1.14	2.00	0.57	1.70							
	Caseta de ingreso de datos	3.53	4.00	0.88	2.22							
	Estacion de gases	3.79	4.00	0.95	2.17							
	Estacion de luces	2.17	3.00	0.72	1.91							
	Estacion de inspeccion visual	4.71	5.00	0.94	2.24							
	Estacion de test line	3.12	4.00	0.78	1.98							
	Estacion de entrega de resultados	2.59	3.00	0.86	2.22							
<b>TOTALES</b>		<b>25.00</b>		5.71	14.44							
<b>RESULTADOS:</b>												
SE ASIGNARAN		<b>25.00</b>	ESTACIONES		TIEMPO CONSUMIDO		52.63 MIN/UTP					
CADENCIA RESULTANTE		2.24 MIN/UTP		PRODUCC SEM RESULT		<b>25724</b> UTP/SEM						
PRODUCCION FACTIBLE		0.45 UTP/MINUTO						<b>UTILIZACION:</b>		<b>80%</b>		
<b>EFICIENCIA MAXIMA:</b>												
T TOTAL / (# MAQ'S ASIGNADAS) / CAD. RESULTANTE =						<b>94.01%</b>						

Linea de inspeccion		AÑO 1									
								Nº turnos/dia= 5			
								Nº hrs x Tur= 8		Total min= 691200	
								Nº dia/sem= 288			
		TE (min)	FACTOR EFICIENCIA DE OPERARIO	TE' (min)	FACTOR DE RENDIMIENTO POR REPROCESO	FACTOR DE RENDIMIENTO POR ERROR DE SISTEMA	D	Dproy	Prod. Puesto	Cadencia	N
1	Caja	2.45	0.9	3.41	1.000	1.15	200130.00	224145.60	257767.4	2.681	1.27
2	Caseta de ingreso de datos	4.55	0.8	7.11	1.200	1.15	197302.00	220978.24	304950.0	2.267	3.14
3	Estacion de gases	4.82	0.8	7.54	1.200	1.15	219406.00	245734.72	339113.9	2.038	3.70
4	Estacion de luces	3.70	0.8	5.78	1.100	1.15	206092.00	230823.04	291991.1	2.367	2.44
5	Estacion de inspeccion visual	6.00	0.8	9.38	1.100	1.15	222384.00	249070.08	315073.7	2.194	4.28
6	Estacion de test line	4.89	0.8	7.64	1.100	1.15	208709.00	233754.08	295698.9	2.338	3.27
7	Estacion de entrega de resultados	5.08	0.9	5.64	1.000	1.1	237909.00	266458.08	293103.9	2.358	2.39
		<b>TOTALES</b>		<b>46.49</b>							
		# MAQUINAS REQUERIDAS		% UTILIZACION DE MAQ'S	C' CADENCIA RESULTANTE						
		REAL	ASIGNAD.								
Caja		1.27	2.00	0.64	1.70						
Caseta de ingreso de datos		3.14	4.00	0.78	1.78						
Estacion de gases		3.70	4.00	0.92	1.88						
Estacion de luces		2.44	3.00	0.81	1.93						
Estacion de inspeccion visual		4.28	5.00	0.86	1.88						
Estacion de test line		3.27	4.00	0.82	1.91						
Estacion de entrega de resultados		2.39	3.00	0.80	1.88						
		<b>TOTALES</b>		<b>25.00</b>	5.63	12.96					
<b>RESULTADOS:</b>											
SE ASIGNARAN		<b>25.00</b>	ESTACIONES		TIEMPO CONSUMIDO		46.49 MIN/UTP				
CADENCIA RESULTANTE		1.88	MIN/UTP		PRODUCC SEM RESULT		<b>368345</b> UTP/SEM				
PRODUCCION FACTIBLE		0.53	UTP/MINUTO				<b>UTILIZACION:</b>		<b>80%</b>		
<b>EFICIENCIA MAXIMA:</b>											
T TOTAL / (# MAQ'S ASIGNADAS) / CAD. RESULTANTE =					<b>99.11%</b>						

Linea de inspeccion		AÑO 2								Nº turnos/dia=	5		
										Nº hrs x Tur=	8	Total min=	691200
										Nº dia/sem=	288		
		TE	FACTOR	TE'	FACTOR DE	FACTOR DE	D	Dproy	Prod. Puesto	Cadencia	N		
		(min)	EFICIENCIA	(min)	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO							
			DE OPERARIO		POR REPROCESO	POR ERROR DE SISTEMA							
1	Caja	2.45	0.9	3.41	1.000	1.15	261932.00	293363.84	337368.4	2.049	1.66		
2	Caseta de ingreso de datos	4.55	0.8	7.11	1.200	1.15	255325.00	285964.00	394630.3	1.752	4.06		
3	Estacion de gases	4.82	0.8	7.54	1.200	1.15	281273.00	315025.76	434735.5	1.590	4.74		
4	Estacion de luces	3.70	0.8	5.78	1.100	1.15	265176.00	296997.12	375701.4	1.840	3.14		
5	Estacion de inspeccion visual	6.00	0.8	9.38	1.100	1.15	272711.00	305436.32	386376.9	1.789	5.24		
6	Estacion de test line	4.89	0.8	7.64	1.100	1.15	258409.00	289418.08	366113.9	1.888	4.05		
7	Estacion de entrega de resultados	5.08	0.9	5.64	1.000	1.1	299553.00	335499.36	369049.3	1.873	3.01		
		<b>TOTALES</b>		<b>46.49</b>									
		# MAQUINAS		%	C'								
		REQUERIDAS		UTILIZACION	CADENCIA								
		REAL	ASIGNAD.	DE MAQ'S	RESULTANTE								
	Caja	1.66	2.00	0.83	1.70								
	Caseta de ingreso de datos	4.06	5.00	0.81	1.42								
	Estacion de gases	4.74	5.00	0.95	1.51								
	Estacion de luces	3.14	4.00	0.78	1.44								
	Estacion de inspeccion visual	5.24	6.00	0.87	1.56								
	Estacion de test line	4.05	5.00	0.81	1.53								
	Estacion de entrega de resultados	3.01	4.00	0.75	1.41								
		<b>TOTALES</b>		<b>31.00</b>	<b>5.81</b>	<b>10.58</b>							
		RESULTADOS:											
		SE ASIGNARAN	<b>31.00</b>	ESTACIONES	TIEMPO CONSUMIDO	46.49	MIN/UTP						
		CADENCIA RESULTANTE	1.56	MIN/UTP	PRODUCC SEM RESULT	<b>442014</b>	UTP/SEM						
		PRODUCCION FACTIBLE	0.64	UTP/MINUTO				<b>UTILIZACION:</b>	<b>80%</b>				
		EFICIENCIA MAXIMA:											
		T' TOTAL / (# MAQ'S ASIGNADAS) / CAD. RESULTANTE =				<b>95.91%</b>							

		AÑO 3								Nº turnos/día= 5 Nº hrs x Tur= 8 Nº día/sem= 288		Total min= 691200
		TE (min)	FACTOR EFICIENCIA DE OPERARIO	TE' (min)	FACTOR DE RENDIMIENTO POR REPROCESO	FACTOR DE RENDIMIENTO POR ERROR DE SISTEMA	D	Dproy	Prod. Puesto	Cadencia	N	
1	Caja	2.45	0.9	3.41	1.000	1.15	342502.00	383602.24	441142.6	1.567	2.17	
2	Caseta de ingreso de datos	4.55	0.8	7.11	1.200	1.15	330428.00	370079.36	510709.5	1.353	5.25	
3	Estacion de gases	4.82	0.8	7.54	1.200	1.15	360582.00	403851.84	557315.5	1.240	6.08	
4	Estacion de luces	3.70	0.8	5.78	1.100	1.15	339651.00	380409.12	481217.5	1.436	4.02	
5	Estacion de inspeccion visual	6.00	0.8	9.38	1.100	1.15	334423.00	374553.76	473810.5	1.459	6.43	
6	Estacion de test line	4.89	0.8	7.64	1.100	1.15	319943.00	358336.16	453295.2	1.525	5.01	
7	Estacion de entrega de resultados	5.08	0.9	5.64	1.000	1.1	377168.00	422428.16	464671.0	1.488	3.79	
<b>TOTALES</b>				<b>46.49</b>								
		<b># MAQUINAS REQUERIDAS</b>		<b>% UTILIZACION DE MAQ'S</b>	<b>C' CADENCIA RESULTANTE</b>							
		<b>REAL</b>	<b>ASIGNAD.</b>									
	Caja	2.17	3.00	0.72	1.14							
	Caseta de ingreso de datos	5.25	6.00	0.88	1.19							
	Estacion de gases	6.08	7.00	0.87	1.08							
	Estacion de luces	4.02	5.00	0.80	1.16							
	Estacion de inspeccion visual	6.43	7.00	0.92	1.34							
	Estacion de test line	5.01	6.00	0.83	1.27							
	Estacion de entrega de resultados	3.79	4.00	<b>0.95</b>	<b>1.41</b>							
<b>TOTALES</b>		<b>38.00</b>		<b>5.97</b>	<b>8.58</b>							
<b>RESULTADOS:</b>												
SE ASIGNARAN		<b>38.00</b>	ESTACIONES		TIEMPO CONSUMIDO		46.49 MIN/UTP					
CADENCIA RESULTANTE		1.34	MIN/UTP		PRODUCC SEM RESULT		<b>515683</b> UTP/SEM					
PRODUCCION FACTBLE		0.75	UTP/MINUTO				<b>UTILIZACION: 80%</b>					
<b>EFICIENCIA MAXIMA:</b>												
T TOTAL / (# MAQ'S ASIGNADAS) / CAD. RESULTANTE =						<b>91.28%</b>						

												Nº turnos/día=	5		
	<b>Línea de inspeccion</b>	<b>AÑO 4</b>										Nº hrs x Tur=	8	Total min=	691200
												Nº día/sem=	288		
			<b>TE</b>	<b>FACTOR</b>	<b>TE'</b>	<b>FACTOR DE</b>	<b>FACTOR DE</b>	<b>D</b>	<b>Dproy</b>	<b>Prod. Puesto</b>	<b>Cadencia</b>	<b>N</b>			
			(min)	DE OPERARIO	(min)	POR REPROCESO	POR ERROR DE SISTEMA								
	1	Caja	2.45	0.9	3.41	1.000	1.15	441845.00	494866.40	569096.4	1.215	2.80			
	2	Caseta de ingreso de datos	4.55	0.8	7.11	1.200	1.15	422608.00	473320.96	653182.9	1.058	6.72			
	3	Estacion de gases	4.82	0.8	7.54	1.200	1.15	462259.00	517730.08	714467.5	0.967	7.79			
	4	Estacion de luces	3.70	0.8	5.78	1.100	1.15	429509.00	481050.08	608528.4	1.136	5.09			
	5	Estacion de inspeccion visual	6.00	0.8	9.38	1.100	1.15	410105.00	459317.60	581036.8	1.190	7.89			
	6	Estacion de test line	4.89	0.8	7.64	1.100	1.15	396130.00	443665.60	561237.0	1.232	6.20			
	7	Estacion de entrega de resultados	5.08	0.9	5.64	1.000	1.1	474890.00	531876.80	585064.5	1.181	4.78			
		<b>TOTALES</b>			<b>46.49</b>										
		<b># MAQUINAS</b>		<b>%</b>	<b>C'</b>										
		<b>REQUERIDAS</b>		<b>UTILIZACION</b>	<b>CADENCIA</b>										
		<b>REAL</b>	<b>ASIGNAD.</b>	<b>DE MAQ'S</b>	<b>RESULTANTE</b>										
		Caja	2.80	3.00	0.93	1.14									
		Caseta de ingreso de datos	6.72	7.00	0.96	1.02									
		Estacion de gases	7.79	8.00	0.97	0.94									
		Estacion de luces	5.09	6.00	0.85	0.96									
		Estacion de inspeccion visual	7.89	8.00	<b>0.99</b>	<b>1.17</b>									
		Estacion de test line	6.20	7.00	0.89	1.09									
		Estacion de entrega de resultados	4.78	5.00	0.96	1.13									
		<b>TOTALES</b>	<b>44.00</b>	<b>6.54</b>	<b>7.45</b>										
		<b>RESULTADOS:</b>													
		SE ASIGNARAN	<b>44.00</b>	ESTACIONES		TIEMPO CONSUMIDO		46.49	MIN/UTP						
		CADENCIA RESULTANTE	1.17	MIN/UTP		PRODUCC SEM RESULT		<b>589353</b>	UTP/SEM						
		PRODUCCION FACTIBLE	0.85	UTP/MINUTO						<b>UTILIZACION:</b>	<b>80%</b>				
		<b>EFICIENCIA MAXIMA:</b>													
		T TOTAL / (# MAQ'S ASIGNADAS) / CAD. RESULTANTE =				<b>90.10%</b>									