



# **Capítulo 4: Planteamiento conceptual al caso de estudio**



## 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirán las actividades esenciales, que se deberán tomar en cuenta para el diseño de una línea de producción para dos nuevos productos, con una capacidad suficiente para cumplir con la cantidad de piezas requeridas por el cliente, así como un plan de actividades que describan la implementación y la construcción de la misma.

Cabe mencionar que las partes que se van a integrar, están clasificadas en sus respectivos planos de producto, como partes de seguridad, esto marca una diferencia con respecto al resto de las partes que actualmente se producen en la misma área.

Esto implica un cambio en la manufactura de los ensamblés del área de soldadura de PS, el cual permita desarrollar un sistema de manufactura que asegure los requerimientos, necesidades y expectativas del cliente (Nissan), por lo que se diseñara una línea dedicada para la manufactura de las 2 nuevas partes.

## 4.2 ESTUDIO DEL CASO

Para desarrollar el diseño de la línea de producción es necesario establecer el objetivo, el alcance, las restricciones y los antecedentes expuestos en el capítulo 3.

### 4.2.1 Objetivo del estudio del caso.

Diseñar una línea de producción exclusiva, para cada uno de los 2 nuevos productos, en el área de soldadura GMAW de PS, que sea capaz de producir la cantidad de piezas requeridas, establecido en el programa de ventas mostrado en la tabla 4.1, trabajando en promedio 22 días por mes, 2 turnos por día con un total de 15 horas.

Programa de ventas del modelo D22 en el 2011	
Mes	Piezas
Enero	6676
Febrero	6097
Marzo	7239
Abril	5367
Mayo	6844
Junio	7172

Tabla 4.1. Programa de ventas para el modelo D22, primer semestre del 2011



## **Alcance**

Proponer una alternativa de solución a la empresa PS, para manufacturar 2 nuevas partes (Parte 7 Japón-México, Parte 8 Japón-México) y pueda cumplir con el programa de ventas de establecido por Nissan, de la respectivas partes.

## **Restricciones**

Se realizará únicamente el análisis de capacidad, a los procesos de soldadura para la parte 7 Japón-México, ya que son idénticos a la parte 8 Japón-México. Las recomendaciones y el diseño de la línea serán para ambas partes.

## **Antecedentes**

El análisis realizado en el capítulo 3 y los resultados obtenidos de la Parte 7 Japón-México, se utilizarán, para el diseño de la línea de producción.

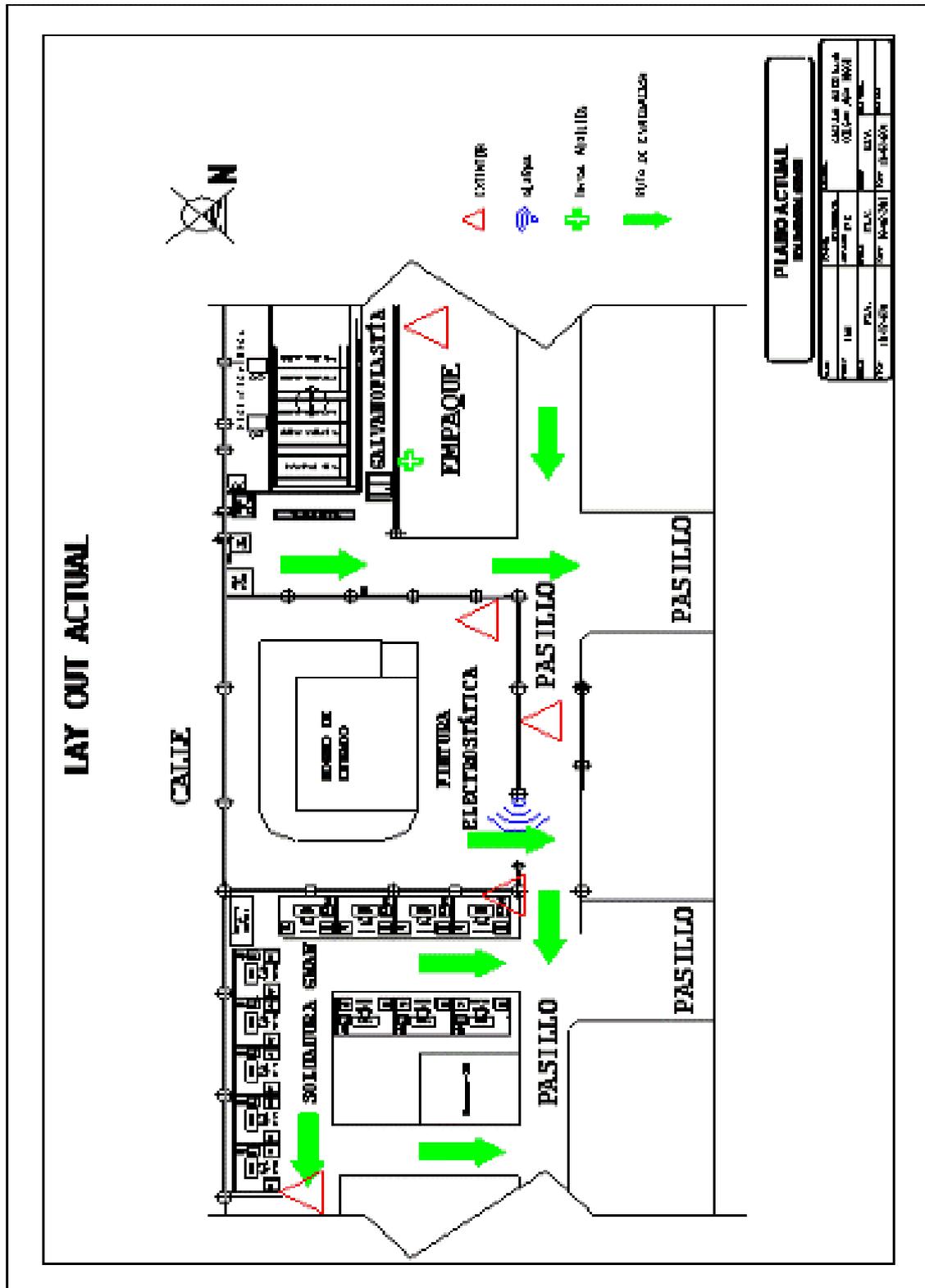
### **4.3 ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE SOLDADURA**

Como ya se menciona en el capítulo 3, una de las áreas que conforma los procesos de manufactura de PS es: Soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) también conocida como Mig/Mag (Metal Inert Gas / Metal Active Gas). Las condiciones en la que opera esta área son las siguientes:

- El área cuenta con 12 casetas de soldadura equipadas con el equipo adecuado para realizar las operaciones de ensamble que le sean asignadas.
- La estandarización de las casetas de soldadura, permite una flexibilidad para instalar los dispositivos de soldadura en las estaciones de trabajo.
- No se cuenta con una asignación establecida, de las operaciones a las casetas de soldadura.
- La plantilla de operadores, se encuentra completa, para cada uno de los turnos, en los que labora el área.
- La línea de producción que actualmente opera en el área, está enfocada a la producción en procesos.

A continuación se muestra el lay out del área de soldadura GMAW de la planta PS. S.A. de C.V. (ver plano 4.1)

### 4.3.1 Lay out actual del área de soldadura



Plano 4.1 Plano actual del área de soldadura

### 4.3.2 Diagrama de flujo del proceso de ensamble de 1 parte de integración

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso para la manufactura de la parte 7 Japón-México, en donde se establece la secuencia de las operaciones de ensamble en el área de soldadura. (ver figura 4.1)

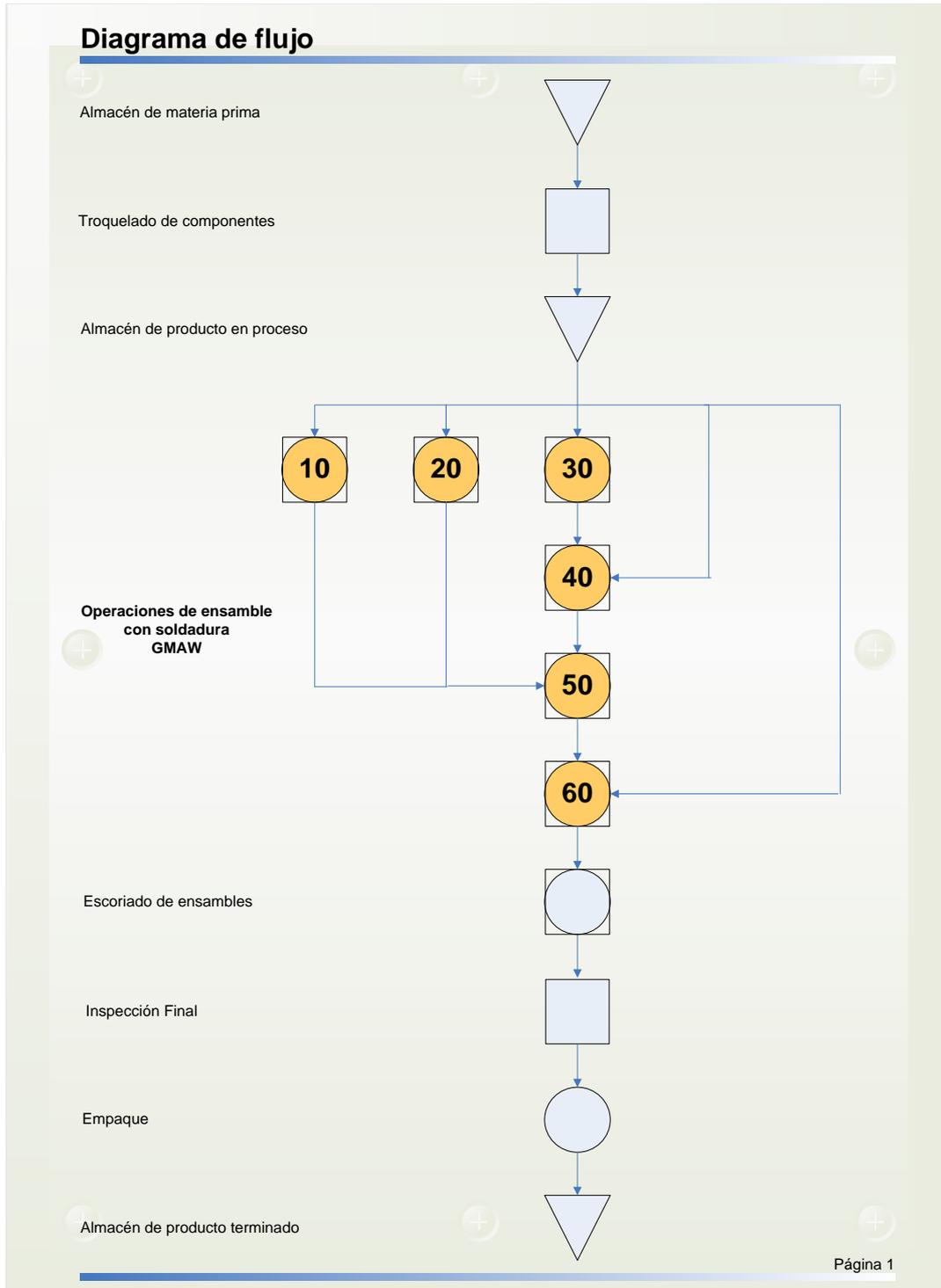


Figura. 4.1. Diagrama de flujo del proceso de ensamble de la parte de integración



### 4.3.3 Descripción de las operaciones de ensamble de 1 parte de integración

Tomando en cuenta el diagrama de flujo del proceso, se realizará una descripción de las operaciones de ensamble de la parte 7 Japón-México en la tabla 4.2.

Operaciones de ensamble con soldadura GMAW			
No. de operación	Nombre de la operación	Descripción de actividades	No. de operadores
10	Primer sub-ensamble	Se toman 2 componentes de los contenedores, se colocan y sujetan sobre la primera estación del dispositivo de soldadura (lado izquierdo), posteriormente se aplican 3 cordones de soldadura: 1 de 35 [mm] de longitud y 2 de 10 [mm]. Se retira el sub-ensamble de la primera estación y se coloca junto con el tercer componente en la segunda estación del dispositivo de soldadura (lado derecho) para aplicar 2 cordones de soldadura de 10 [mm] de longitud, se retira el sub-ensamble del dispositivo de soldadura y se deposita en el contenedor correspondiente.	1
20	Segundor sub-ensamble	La descripción del segundo su-ensamble es idéntica a la descrita en la operación 10	1
30	Tercer sub-ensamble	Se toman los 3 componentes de los contenedores, se colocan y sujetan sobre dispositivo de soldadura, posteriormente se aplica 6 cordones de soldadura: 2 de 20 [mm] de longitud, 2 de 25 [mm] de longitud y 2 de 15 [mm] de longitud. Finalmente se retira el sub-ensamble del dispositivo de soldadura y se deposita en el contenedor correspondiente.	1
40	Cuartor sub-ensamble	Se toma el sub-ensamble y el componente de los contenedores, para colocarlos y sujetarlos sobre dispositivo de soldadura, se aplica 10 cordones de soldadura: 3 de 35 [mm] de longitud, 2 de 45 [mm] de longitud, 2 de 50 [mm] de longitud, 2 de 70 [mm] y un cordón radial de 60 [mm] de longitud. Se retira el sub-ensamble del dispositivo de soldadura y se deposita en el contenedor correspondiente.	1
50	Quinto sub-ensamble	Se toman los 3 sub-ensambles para colocarlos y sujetarlos sobre dispositivo neumático de soldadura, en esta operación se aplican 10 cordones de soldadura: 6 de 35 [mm] de longitud, 2 de 40 [mm] de longitud, 2 de 60[mm] de longitud. Se retira el sub-ensamble del dispositivo de soldadura y se deposita en el contenedor correspondiente.	1
60	Ensamble final	Se toma el sub-ensamble y el componente de los contenedores para colocarlos y sujetarlos sobre dispositivo de soldadura. Se aplican 2 cordones de soldadura de 20 [mm] de longitud. Se retira el sub-ensamble del dispositivo de soldadura y se deposita en el contenedor correspondiente.	1

Tabla 4.2. Descripción de las operaciones de ensamble para la parte 7 Japón-México

### 4.3.4 Capacidad actual del proceso ensamble de 1 parte de integración

A continuación realizará un análisis de capacidad al proceso de ensamble, para saber si puede producir la cantidad de piezas requeridas por Nissan.

El diagrama de precedencia muestra las 6 operaciones de ensamble y sus tiempos de trabajo de cada una de ellas. (ver figura 4.2)

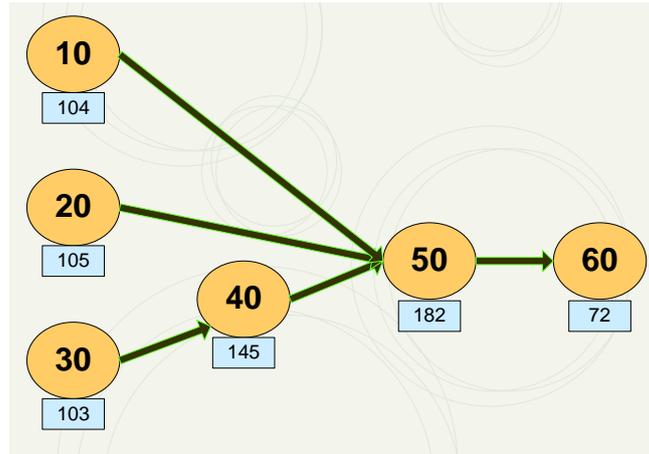


Figura. 4.2. Diagrama de precedencia del proceso de ensamble de para la parte 7 Japón-México

La tabla 4.3 muestra un resumen del proceso ensamble de la parte 7 Japón-México, en donde se pueden observar que el cuello de botella del proceso es la operación 50.

Proceso de ensamble para la parte 7 Japón-México			
No. de operación a realizar en la	Descripción de la operación	Operación de trabajo precedente	Tiempo de la operación [seg]
10	Primer sub-ensamble	Ninguna	104
20	Segundo sub-ensamble	Ninguna	105
30	Tercer sub-ensamble	Ninguna	103
40	Cuarto sub-ensamble	30	145
50	Quinto sub-ensamble	10, 20 y 40	182
60	Ensamble final	50	72
Tiempo total			711

Tabla 4.3. Tiempo ciclo del proceso de ensamble

La capacidad del proceso de ensamble para la parte 7 Japón-México está determinada por el tiempo más largo que es la operación 50 con 182 segundos. Esta cantidad de tiempo se denomina como el tiempo del ciclo del proceso de ensamble. El tiempo requerido para obtener una pieza terminada en condiciones normales será de 711 segundos.



Con este tiempo ciclo de 182 segundos se determinará la cantidad de piezas que se pueden producir en un día, trabajando 2 turnos. Si el primero y segundo turno trabajan 7.5 horas cada uno, para un total de 15 horas por día. Por tanto, la capacidad diaria se determina mediante el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}
 \text{Capacidad diaria} &= \frac{\text{Tiempo disponible x día}}{\text{Tiempo del ciclo / unidad}} \\
 &= \frac{(15 \text{ horas} \times 3600 \text{ segundos / hora})}{182 \text{ segundos / unidad}} \\
 &= \frac{54,000 \text{ segundos / día}}{182 \text{ segundos / unidad}} \\
 &= 296.70 \text{ unidades / día} \\
 &= 297 \text{ unidades / día}
 \end{aligned}$$

Multiplicando la capacidad diaria por los 22 días laborables promedio que se trabajan al mes, se obtienen la capacidad mensual:

$$\text{Capacidad mensual} = 6534 \text{ unidades / mes}$$

La capacidad mensual del proceso de ensamble es de 6,534 unidades, lo cual es insuficiente para cumplir con la cantidad piezas requeridas para los meses de enero, marzo, mayo y junio, tal como se muestra en la tabla 4.4.

Comparativo de la capacidad mensual contra el programa de ventas			
Mes	Piezas	Capacidad mensual [piezas]	Faltantes x mes [piezas]
Enero	6676	6534	142
Febrero	6097		0
Marzo	7239		705
Abril	5367		0
Mayo	6844		310
Junio	7172		638

Tabla 4.4. Comparativo entre la capacidad mensual del proceso y el programa de ventas



### 4.3.5 Eficiencia del proceso ensamble de la parte de integración

El proceso de ensamble tiene contemplado asignar las 6 operaciones al igual número de estaciones de trabajo y operadores. Una parte del tiempo del operador se empleara en esfuerzo productivo y la otra parte del tiempo será tiempo ocioso, esto se presentara en las operaciones 10, 20, 30, 40 y 60, es por ello que se realizará un cálculo de la eficiencia al uso de la mano de obra para el proceso de ensamble.

El tiempo ocioso se obtendrá por operación de ensamble, a partir de la diferencia entre los tiempos requeridos y el tiempo ciclo del proceso, los resultados de muestran en la tabla 4.5.

Tiempo ocioso del proceso de ensamble				
Operación asignada	Descripción de la operación	Tiempo requerido [seg]	Tiempo ciclo disponible / unidad en cada estación [seg]	Tiempo ocioso/ciclo [seg]
10	Primer sub-ensamble	105	182	77
20	Segundo sub-ensamble	104	182	78
30	Tercer sub-ensamble	103	182	79
40	Cuarto sub-ensamble	145	182	37
50	Quinto sub-ensamble	182	182	0
60	Ensamble final	72	182	110
Total		711	1092	381

Tabla 4.5. Tiempos ociosos del proceso de ensamble

La eficiencia en el uso de mano de obra será de:

$$Eficiencia = \frac{711 \text{ segundos}}{1092 \text{ segundos}} \times 100 = 65.11\%$$

Y el tiempo total perdido en conjunto para las 6 estaciones de trabajo por día será de:

$$Tiempo \text{ total perdido} = \frac{34.89\% \times 90 \text{ horas/día}}{100\%} = 31.40 \text{ horas / día}$$



#### 4.4 ALTERNATIVA DE MEJORA AL CASO DE ESTUDIO

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis del proceso de ensamble para la parte 7 Japón-México, la capacidad de producción es insuficiente para cumplir con los requerimientos de primeros meses del año 2011, se propondrá una alternativa de mejora, que se basa en el diseño de una línea de ensamble, la cual permita cumplir con estos requerimientos.

##### 4.4.1 Capacidad requerida para el cumplimiento del programa de ventas

Para determinar la capacidad requerida para el cumplimiento de los requerimientos establecidos por Nissan, se utilizará el programa de ventas mostrado en la tabla 4.6, el cual nos servirá para identificar el mes con mayor demanda, y a su vez este determinara la capacidad de la línea de producción propuesta.

Programa de ventas del modelo D22 en el 2011	
Mes	Piezas
Enero	6676
Febrero	6097
Marzo	7239
Abril	5367
Mayo	6844
Junio	7172

Tabla 4.6. Programa de ventas para el primer semestre del 2011

El mes con mayor de manda de partes, es marzo con un total de 7,239 piezas.

La capacidad requerida de la línea de ensamble se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad requerida} = \frac{\text{Piezas requeridas}}{\text{Días disponibles} \times \text{mes}}$$

$$\text{Capacidad requerida} = \frac{7239 \text{ piezas}}{22 \text{ días}}$$

$$\text{Capacidad requerida de la línea de ensamble} = 329.04 = 330 \text{ piezas / día}$$

Las 330 piezas por día, es la capacidad mínima para cubrir la demanda del Nissan para el mes de marzo. La producción de una cantidad menor a la capacidad requerida implicaría incumplimiento a las entregas. En contra parte una cantidad mayor representaría contemplar un inventario de producto terminado o producto en proceso. Pero esto dependerá de las políticas de inventarios que maneje el área de control de producción de PS.



Para efectos de seguridad en la capacidad de producción de la línea de ensamble propuesta, se establecerá una estrategia de colchón del 10% (33 piezas) más sobre la capacidad requerida, por lo que la capacidad requerida para la línea propuesta será de 363 piezas por día.

$$\textit{Capacidad requerida de la línea propuesta} = 363 \textit{ piezas / día}$$

#### 4.4.2 Tiempo ciclo requerido para satisfacer la demanda.

Para que el proceso actual pueda cumplir con los requerimientos de Nissan, se requiere establecer el tiempo ciclo máximo permisible, el cual estará determinado por el tiempo disponible por día, con un total de 15 horas en dos turnos y la capacidad requerida propuesta.

El tiempo ciclo máximo permisible se obtiene de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo ciclo permisible} &= \frac{\textit{Tiempo disponible x día}}{\textit{Capacidad requerida propuesta}} \\ &= \frac{54,000 \textit{ segundos / día}}{363 \textit{ piezas / día}} \\ &= \frac{54,000 \textit{ segundos / día}}{363 \textit{ piezas / día}} \\ &= 148.76 \textit{ segundos / pieza} \end{aligned}$$

El tiempo de 148.76 segundos por pieza se redondeara con el entero próximo hacia abajo, esto con el objetivo de garantizar que se cumpla con los requerimientos.

$$\textit{Tiempo ciclo permisible} = 148 \textit{ segundos / pieza}$$

Con un tiempo ciclo de 148 segundos se podrá cumplir con los requerimientos de Nissan para los primeros 6 meses.



#### 4.4.3 Propuesta para disminuir el tiempo ciclo actual

Para reducir el tiempo ciclo de 182 segundos a 148 segundos, es necesario resolver los problemas que causan el retraso en la estación de trabajo. Estos problemas pueden ser demoras o errores, como los que se mencionan a continuación:

- Operador mal capacitado o con falta de capacitación.
- Múltiples tareas en la operación 50, las cuales pueden ser distribuidas en la operación 60.
- Diseño del dispositivo de soldadura inadecuado para la operación de ensamble.
- Sub-ensambles y componentes que se utilizan en la operación 50, se encuentran fuera de especificación.
- Supervisor de área que no coordina los tiempos de fabricación.
- Malas condiciones de de operación de la maquinaria y equipo.

Resolviendo algunos de estos problemas se puede disminuir el tiempo ciclo de la operación de ensamble cuello de botella, hasta alcanzar el tiempo ciclo permisible y poder cumplir con los requerimientos.

#### 4.4.4 Determinación de número de estaciones requeridas para la línea de ensamble propuesta

Como ya se menciona en la introducción a este capítulo, la manufactura de la parte 7 Japón-México, está clasificada por Nissan como parte crítica de seguridad, por lo que requiere condiciones de manufactura diferentes a lo que actualmente se produce en PS. Es por ello que se decide diseñar una línea dedicada a la manufactura de la parte 7 Japón-México.

Partiendo del tiempo de las operaciones de ensamble establecidas en el diagrama de flujo, se asignará el tiempo ciclo permisible de 148 segundos por pieza, a la operación 50, ya que es la operación cuello de botella en el proceso actual con 182 segundos por pieza, esto con el objetivo de satisfacer la demanda, ver tabla 4.7.

Proceso de ensamble propuesto para la parte 7 Japón-México		
No. de operación a realizar en la estación	Descripción de la operación	Tiempo de la operación [seg]
10	Primer sub-ensamble	104
20	Segundo sub-ensamble	105
30	Tercer sub-ensamble	103
40	Cuarto sub-ensamble	145
50	Quinto sub-ensamble	148
60	Ensamble final	72
Tiempo total		677

Tabla 4.7. Asignación del tiempo ciclo permisible a la estación cuello de botella



Asignado el tiempo el tiempo ciclo permisible, se obtiene el tiempo total para producir una pieza y se procede a calcular el número teórico de estaciones requeridas para realizar el ensamble de la parte 7 Japón-México.

$$\text{Número teórico de estaciones} = \frac{\text{Tiempo total por pieza} \times \text{Piezas requeridas por día}}{\text{Tiempo disponible por día}}$$

$$\text{Número teórico de estaciones} = \frac{677 \text{ segundos} \times 363 \text{ piezas}}{54,000 \text{ segundos / día}}$$

$$\text{Número teórico de estaciones} = 4.55 \text{ estaciones}$$

Como se están trabajando en estaciones completas, se requieren 5 estaciones. Esto quiere decir una estación menos de lo que se tiene contemplado en el proceso actual.

Sin embargo puede ocurrir que las seis operaciones con las que cuenta el proceso, no se puedan asignar y balancear en las cinco estaciones obtenidas, esto implica que tal vez necesiten las seis estaciones o incluso siete.

En el estudio del caso, ocurre que 5 estaciones no son suficientes para cumplir con los requerimientos de Nissan, por lo que se requieren 6 estaciones.

$$\text{Número de estaciones requeridas} = 6 \text{ estaciones}$$

Esta afirmación se comprobará con la asignación de operaciones a las estaciones de trabajo.

#### **4.4.5 Asignación de las operaciones de ensamble a las estaciones de trabajo de la línea de ensamble propuesta**

La siguiente tarea es asignar las seis operaciones a las cinco estaciones teóricas requeridas. En esta asignación es posible combinar diferentes operaciones en una misma estación. Esto dependerá de que se tenga tiempo disponible en la estación para asignar otra operación y de que las operaciones predecesoras ya hayan sido terminadas.

Se aplicará la regla heurística<sup>1</sup> del tiempo de operación más largo, con el objetivo de encontrar el balance en la línea de producción para el tiempo ciclo de 148 segundos.

---

<sup>1</sup> Las reglas heurísticas son de aplicación general, derivadas lógicas o experimentales.



Como se puede observar en la tabla 4.8, al final de las iteraciones de asignación de operaciones a las estaciones de trabajo, no se logro asignar la operación 6, a causa que ninguna de las cinco estaciones cuenta con el tiempo ciclo disponible para realizar la operación 60. La cual requiere de 72 segundos. Por lo que necesariamente se requieren 6 estaciones de ensamble para la línea de producción propuesta.

Asignación de las operaciones a la estaciones de trabajo				
Estación de trabajo	Operación disponible	Operación asignada	Tiempo ocupado	Tiempo disponible
1	10, 20, 30	20	105	43
2	10, 30	10	104	44
3	30	30	103	45
4	40	40	145	3
5	50	50	148	0

Tabla 4.8. Asignación heurística de las operaciones de ensamble a 5 estaciones de trabajo

A causa de que se requieren de 6 estaciones de trabajo, se asignara cada una de las operaciones de ensamble a una estación de trabajo, esto implica no utilizar la regla heurística de asignación, simplemente se realizará una lista de las operaciones de acuerdo al diagrama de precedencia. Por tanto el diseño de la línea propuesta para el requerimiento de 363 piezas por día, se muestra en tal tabla 4.9.

Diseño de la línea de ensamble propuesta					
Estación de trabajo	Operación asignada	Descripción de la operación	Tiempo requerido [seg]	Tiempo ciclo disponible / unidad en cada estación [seg]	Tiempo ocioso/ciclo [seg]
1	10	Primer sub-ensamble	105	148	43
2	20	Segundo sub-ensamble	104	148	44
3	30	Tercer sub-ensamble	103	148	45
4	40	Cuarto sub-ensamble	145	148	3
5	50	Quinto sub-ensamble	148	148	0
6	60	Ensamble final	72	148	76
Total			<b>677</b>	<b>888</b>	211

Tabla 4.9. Línea de ensamble propuesta para la fabricación de la parte 7 Japón-México

#### 4.4.6 Eficiencia de la línea de ensamble propuesta

Se puede observar en la tabla 4.9, al igual que en el proceso actual de ensamble, se tienen tiempo ocioso, por lo que nuevamente se realizará un cálculo de la eficiencia de la mano de obra al proceso de ensamble propuesto, para el tiempo ciclo de 148 segundos.

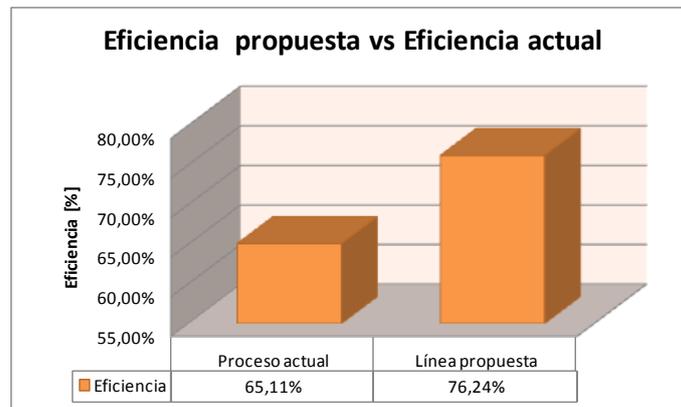


$$Eficiencia = \frac{677 \text{ segundos}}{888 \text{ segundos}} \times 100 = 76.24\%$$

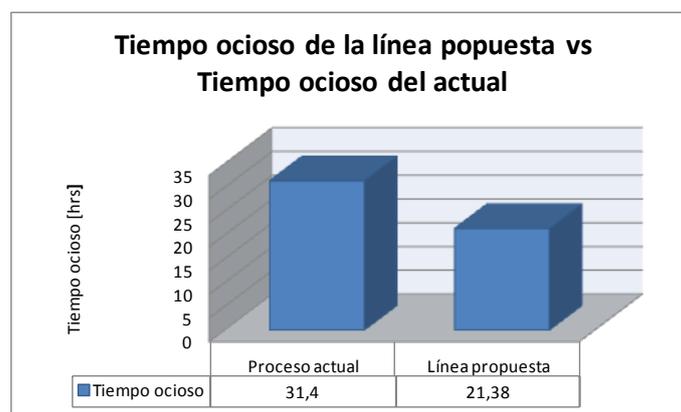
El tiempo total perdido para la línea de ensamble propuesta en un día será:

$$Tiempo \text{ total perdido} = \frac{23.76\% \times 90 \text{ horas/día}}{100\%} = 21.38 \text{ horas / día}$$

El obtener un tiempo ciclo permisible 148 segundos para satisfacer la demanda de Nissan y considerando la estrategia de seguridad se obtiene una mejor eficiencia de 76.24% en comparación al proceso actual de ensamble que es del 65.11%, tal como se puede ver en la grafica 4.1. Sin olvidar que también se tiene un tiempo ocioso de 21.38 horas por día, el cual es una perdida para PS, que se relaciona directamente entre el tiempo perdido y el costo de mano de obra ver tabla 4.2.



Grafica 4.1. Comparativo entre eficiencia del proceso actual contra la propuesta



Grafica 4.2. Comparativo entre el tiempo ocioso del proceso actual contra el tiempo ocioso de la propuesta



El diseño propuesto resulto al final, una línea de ensamble de seis estaciones, el cual coincide con el diseño de la manufactura de ensamble, establecido en el diagrama de flujo. Esta propuesta de diseño de línea de producción dedicada, satisface los requerimientos de Nissan por día y los requerimientos por mes.

#### 4.4.7 Mano de obra y estaciones de trabajo, requeridas para la línea de ensamble propuesta para 1 2 partes de integración

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el alcance del proyecto es proponer una alternativa para manufacturar 2 nuevas partes: 7 Japón-México y parte 8 Japón-México. Considerando que los procesos de ambas partes son idénticos ya que la parte 7 pertenece al lado izquierdo y la parte 8 al lado derecho del chasis respectivamente, la mano de obra y el total de estaciones se muestra en la siguiente tabla.

Mano de obra y estaciones requeridas				
Parte	Estaciones requeridas	Operados requeridos por turno	Turnos por día	Tota de operadores
7 Japón-México	6	6	2	12
8 Japón-México	6	6	2	12
Total	12	12	2	24

Tabla 4.10. Mano de obra y estaciones requeridas para las líneas de ensamble propuestas

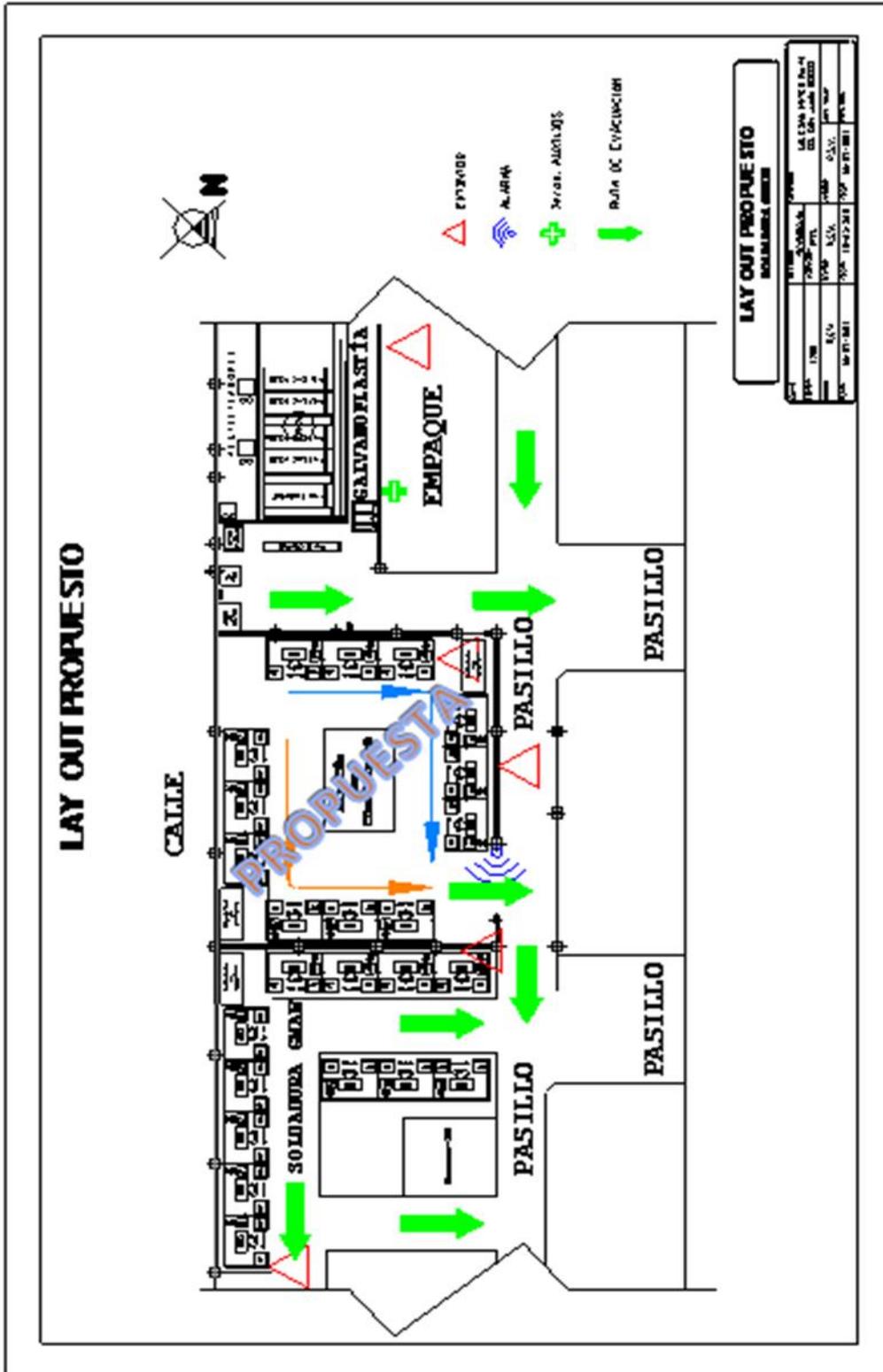
#### 4.4.8 Lay out para la línea de ensamble propuesta

En el plano 4.2 se presenta una distribución del la línea de ensamble propuesta sobre un área que actualmente no se utiliza, esto con el objetivo de satisfacer las necesidades del producto (piezas clasificadas en su funcionalidad, como partes de seguridad). La disposición de la línea de ensamble propuesta sobre está basada en los siguientes criterios:

- El recorrido del trabajo se realizará mediante una ruta directa, esto debido a la secuencia de las operaciones, lo que disminuirá el tiempo y las demoras en la producción.
- Menores movimientos de materiales, esto a consecuencia de una menor distancia entre las estaciones de trabajo. Disminuirá el costo de fabricación más no el valor de las piezas
- Disminución en la cantidad de material en proceso.
- Menor espacio ocupado por unidad de producción debido a la concentración de la fabricación
- Control de producción simplificada. Menores registros e inspecciones.
- Visibilidad máxima en el área, todos los operadores y materiales deben ser fácilmente observables.
- Flujo unidireccional, implica que las rutas de trabajo no se intersecan con las rutas de transporte. Rutas visibles para establecer los recorridos.
- Facilidad del flujo del personal



### Lay out de las líneas de ensamble propuestas para las partes 7 Japón-México y 8 Japón-México



Plano 4.2 Plano de lay out para las líneas de ensamble propuestas de las partes de integración



En el plano del lay out para la manufactura de las partes de integración, se observa la distribución de las 2 líneas de producción, con una formación en L y el flujo de las operaciones se representa con la flecha de color naranja y azul.

La separación entre el área actual de soldadura y el área propuesta, equivale a una pared, lo que representa en un futuro, eliminarla para establecer en conjunto el área total de los procesos de soldadura GMAW.

#### 4.5 RETORNO DE INVERSIÓN

La compra del equipo, debe justificarse sobre bases económicas, y su costo recuperarse en el precio de ventas de las partes de integración a PS. A causa de que no se está realizando un análisis completo de proceso de manufactura de las partes, se realizara un estimado de retorno de inversión para la operación 50 de la línea de ensamble propuesta.

##### 4.5.1 Inversión para la adquisición de maquinaria de 1 estación de trabajo

La tabla 4.11 muestra la inversión del equipo que se requiere para realizar el proceso de ensamble de la OP.50, en la línea de producción propuesta.

Costos de maquinaria OP.50.				
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Soldadora Marca Infra Modelo: CP 303	1	\$33.987,32	\$33.987,32
2	Alimentador de alambre Marca Infra Modelo: S-302	1	\$9.049,96	\$9.049,96
3	Antorcha para soldara GMAW Marca Binzel Modelo: ABIMIG * ALFA 3 5M	1	\$2.750,52	\$2.750,52
4	Cortina óptica para controlar los efectos peligrosos de la radiación infrarroja y ultravioleta para la	3	\$745,98	\$2.237,94
5	Perfil PTR 2"X2" Cal.14. Calidad Estructural . Fabricación de estructura para casetas de	23 metros	\$294,00	\$6.762,00
Sub-Total				\$54.787,74
I.V.A. 16%				\$8.766,04
Total				\$63.553,78

Tabla 4.11. Inversión de maquinaria para la operación 50 en la línea de ensamble propuesta<sup>2</sup>

Los gastos de instalación se consideran el 15% de la inversión realizada para adquisición maquinaria, incluyendo montaje, puesta en marcha, capacitación del personal y supervisión durante el periodo de pruebas de ingeniería. Los gastos de instalación de una estación de trabajo equivalen a \$9,533.06

<sup>2</sup> Fuente: <http://www.infra.com.mx> y Ferretera Puente De Vigas.



Por tanto la inversión requerida para el funcionamiento de una estación de trabajo, se obtiene de sumar los costos de maquinaria y los gastos de instalación, dando por resultado la cantidad \$73,086.84

La instalación de la línea de ensamble para la parte 7 Japón-México y 8 Japón-México, está conformada por 12 estaciones de trabajo, lo que representa una inversión de maquinaria para un total \$877,042.08

La disposición de la maquinaria y equipo para línea de producción propuesta, está fundamentada en la evaluación y aprobación de este proyecto, por parte de PS, para la producción de las nuevas partes.

#### 4.5.2 Costos de fabricación OP.50 de la línea de ensamble propuesta

Tomando como base la mano de obra directa MOD (\$17.5 por hora) y los gastos indirectos de fabricación GIF (\$26.25 por hora), establecidos por las áreas correspondientes: contabilidad, costos y recursos humanos, se determinara los costos totales para la operación 50 de la línea propuesta, tomando el requerimiento del mes de enero de 2011 con 6676 piezas, obtenido de la tabla 4.6, y el tiempo ciclo permisible de 148 segundos por pieza. La obtención de la MOD y los GI para el requerimiento de producción se muestra a continuación:

- Costo total de mano de obra directa

$$\text{Costo de mano de obra directa} = (\text{MOD} \times \text{hr}) \left( \text{Horas} \frac{\text{hombre}}{\text{maquina}} \text{requeridas} \right)$$

- Gastos indirectos:

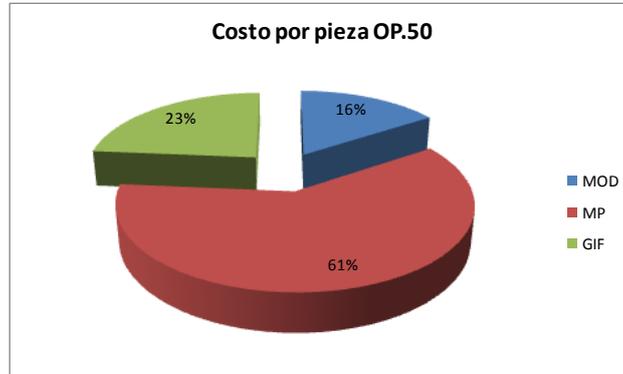
$$\text{Gastos indirectos} = (\text{GIF} \times \text{hr}) \left( \text{Horas} \frac{\text{hombre}}{\text{maquina}} \text{requeridas} \right)$$

Los costos totales de fabricación para operación 50, en el mes de enero se muestran en la siguiente tabla 4.12.

Costos de sub-ensamble OP.50 enero de 2011					
Enero	Requerimiento [piezas]	6676	piezas	MOD x hr	\$17,5
	Horas hombre/maquina requeridas	274,46	horas	GIF x hr	\$26,25
	<b>Materias primas requeridas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo total</b>
	Microalambre	117,62	kilos	\$142,91	\$16.809,99
	Gas de protección	54,89	m <sup>3</sup>	\$29,84	\$1.638,02
	<b>Total de Materias primas x lote</b>				<b>\$18.448,01</b>
	Costo de mano obra directa				\$4.803,01
	Gastos indirectos				\$7.204,52
	<b>Total de fabricación x lote</b>				<b>\$12.007,53</b>
				<b>Total enero</b>	<b>\$30.455,54</b>

Tabla 4.12. Costos de fabricación OP.50 en el mes de enero de 2011

Por lo tanto el costo de fabricación en operación 50 de la línea de ensamble propuesta es de \$4.57 por pieza. Los porcentajes de mano de obra directa, materia prima y gastos indirectos de fabricación para 1 pieza se muestran en la grafica 4.3.



Grafica 4.3. Porcentaje de MOD, MP y GIF para la operación 50

### 4.5.3 Retorno de inversión OP.50 de la línea de ensamble propuesta

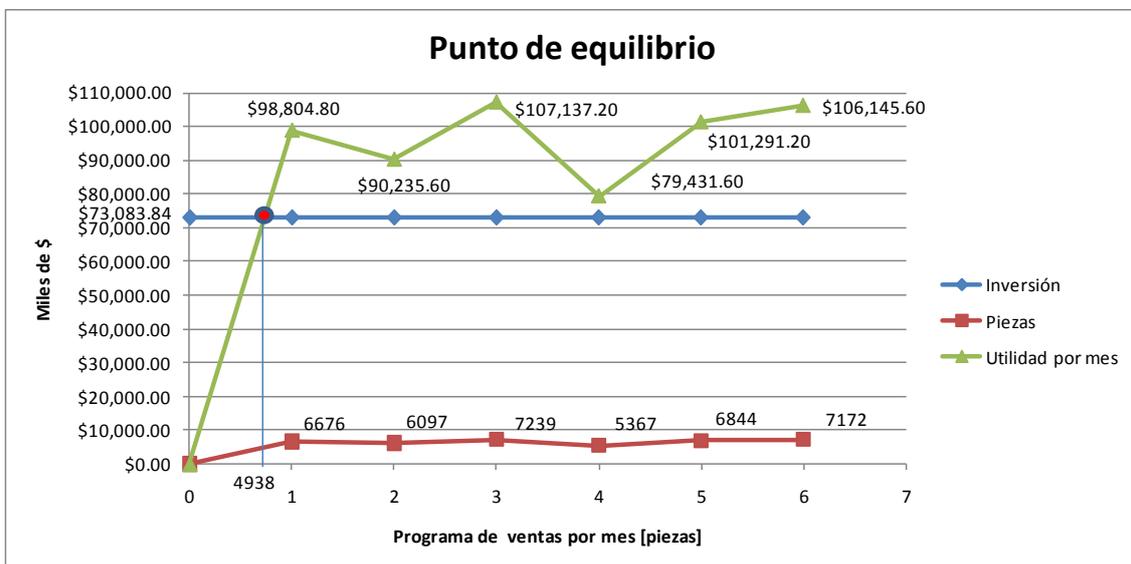
Con el costo de fabricación de \$4.57 por pieza, se podrá determinar un precio de venta exclusivamente para la operación 50, el cual deberá considerar, gastos administrativos 2%, comercialización 10%, impuestos 16%, etc., con el objetivo de obtener una utilidad aproximada del 60% como mínimo (ver tabla 4.13)

ANÁLISIS DE RETORNO DE INVERSIÓN		
PUNTO DE EQUILIBRIO		
Costo mensual de fabricación	Costo x pieza	Precio de venta
OP.50	\$4,57	\$24,50
Estado de resultados pre-forma		
<b>Utilidad</b>		
Ventas netas OP.50		\$24,50
MP		\$4,57
MO		\$19,93
Utilidad bruta		\$19,93
Gastos de administración	2%	\$0,37
Utilidad de operación		\$19,56
Gastos de comerciales	10%	\$1,83
Utilidad antes de impuestos		\$17,73
Impuestos	16%	\$2,93
Utilidad neta por pieza		\$14,80
% de utilidad		60,40%
Requerimiento primer semestre del 2011	39.395	piezas
Utilidad neta primer semestre del 2011		\$583.046,00
Inversiones		\$73.083,84
Punto de equilibrio	4938	piezas
Retorno de inversión	15,0	días

Tabla 4.13. Punto de equilibrio para el retorno de inversión.

#### 4.5.4 Conclusiones del estudio de retorno de inversión

La utilidad neta de la OP.50, por cada pieza es de \$14.80, lo que representa el 60.40% sobre el precio de venta. Tomando el total de piezas para el primer semestre del 2011, posible identificar el tiempo requerido para el retorno de inversión de la operación, el cual será en el primer mes (enero), considerando la mano de obra directa MOD, materias primas MP, gastos de administración, gasto de comercialización e impuestos. Estos datos representan en conjunto, los resultados económicos que producirá la operación 50. Durante el primer semestre se obtendrá una utilidad de \$179,918.39, lo que representa que el punto de equilibrio se alcance durante en el primer mes de producción (enero), vendiendo 4938 piezas, esto quiere decir que el monto de inversión para dicha operación retorna en el primer mes de producción y ventas (ver grafica 4.4.).



Grafica 4.4. Porcentaje de MOD, MP y GIF para la operación 50

Es necesario invertir \$73,083.84 en maquinaria y equipo para una estación de soldadura, específicamente para la operación 50, habiendo establecido un total de 12 estaciones de trabajo para la línea de producción propuesta, la empresa PS, tendrá que realizar una inversión de \$877,006.08 en maquinaria y equipo.

#### 4.5.5 Seguimiento del proyecto

Como parte importante en el desarrollo de un nuevo proyecto, se debe considerar el seguimiento durante la ejecución del proyecto, es decir revisar las tareas de mayor relevancia a considerar, a continuación se describen algunas de estas tareas:

- Establecer reuniones semanales con el equipo multidisciplinario, para la revisión y avance del proyecto, en donde establezcan a través de documentos los acuerdos, pendientes, responsables y fechas compromiso de las actividades.



- Revisar el avance para adquisición de maquinaria y equipo, así como el acondicionamiento del área propuesta para la instalación de la misma, con el objetivo de cumplir con el programa de actividades (ver tabla 4.14).
- Programar en conjunto, los departamentos de ingeniería de calidad e ingeniería de manufactura, para realizar las corridas de prueba de la línea de producción
- Revisar con el área de recursos humanos la selección y contratación del personal requerido (12 soldadores)
- Elaborar un documento, en el cual se establezca en fin del proyecto y la entrega del área al usuario final (Departamento de producción).



### 4.5.6 Programa de actividades

A través de un programa de actividades que se representa en la tabla 4.14 se detallarán las fechas compromiso, los responsables y los recursos que se requieren para dar seguimiento al proyecto, el cual esta tiene una duración aproximada de 3 meses

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>DIVISION DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL</b> <b>PLANEACION Y CONTROL DE ACTIVIDADES.</b>		Autor: <u>Rafael Espinoza Velazquez</u>		Fecha de emisión: <u>01/03/2011</u> Fecha de revisión:	
Asunto: <u>Planeación y control de actividades la implementación de la línea de producción propuesta.</u>		Tipo de programación:		Per día: <input type="checkbox"/> Per semana: <input type="checkbox"/> Per mes: <input type="checkbox"/>	
No.	Actividad	Responsable	Duración	Comienzo	Fin
1	Evaluación de la propuesta	Equipo multidisciplinario	32 días	07/03/2011	02/04/2011
1.1	Estado del presupuesto de ventas	ventas	5 días	07/03/2011	11/03/2011
1.2	Evaluar la viabilidad del proyecto	Ingeniería	7 días	13/03/2011	19/03/2011
1.3	Revisión del diseño y desarrollo	Ingeniería	5 días	20/03/2011	25/03/2011
1.4	Evaluación de los equipos nuevos	Ingeniería	3 días	28/03/2011	29/03/2011
1.5	Contratación de equipos nuevos.	Compras	5 días	30/03/2011	04/04/2011
1.6	Evaluación financiera del proyecto	Ingeniería de costos	7 días	05/04/2011	12/04/2011
2	Aprobación de la propuesta	Dirección general	5 días	13/04/2011	18/04/2011
3	Implementación de la propuesta	Ingeniería	38 días	19/04/2011	02/06/2011
3.1	Emisión de las especificaciones	Ingeniería	3 días	19/04/2011	21/04/2011
3.2	Desarrollo de la ingeniería básica y detalle	Ingeniería	10 días	20/04/2011	03/05/2011
3.3	Selección y adquisición de equipos	Ingeniería	5 días	04/05/2011	09/05/2011
3.4	Acondicionamiento de la infraestructura	Mantenimiento	10 días	11/05/2011	21/05/2011
3.5	Fabricación de la serie de prototipo	Mantenimiento	4 días	23/05/2011	26/05/2011
3.6	Instalación y montaje de equipos	Mantenimiento	3 días	29/05/2011	30/05/2011
3.7	Pruebas de equipos	Mantenimiento	3 días	31/05/2011	02/06/2011
4	Pruebas y Validación	Ingeniería	9 días	03/06/2011	02/06/2011
4.1	Prueba piloto de la línea de producción	Ingeniería	5 días	03/06/2011	08/06/2011
4.2	Corrida de producción significativa	Ingeniería / Nissan	3 días	09/06/2011	11/06/2011
4.3	Aprobación por parte del cliente	Nissan	1 día	03/06/2011	03/06/2011

Tabla 4.14. Programa de actividades para la implementación del proyecto