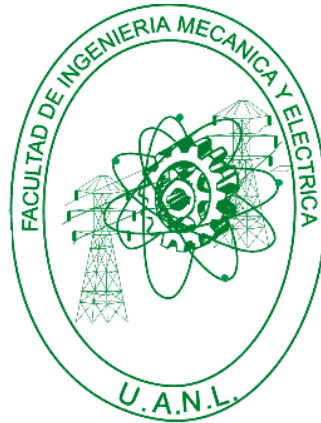


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



INTEGRACIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA PARA  
INYECCIÓN DE PLÁSTICO.

POR

ING. VIRIDIANA GARIBAY MARTÍNEZ

TESIS  
EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA DE MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD EN  
AUTOMATIZACIÓN

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN  
DICIEMBRE 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
División de Estudios de Posgrado.

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis “Integración de una celda de manufactura para inyección de plástico”, realizada por la alumna Viridiana Garibay Martínez con número de matrícula 0803088 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería de Manufactura con especialidad en Automatización.

El Comité de Tesis

M.C. Fco. Javier de la Garza Salinas.  
Asesor

Dr. F. Eugenio López Guerrero  
Revisor

M.C. José Luis Castillo Ocañas  
Revisor

Vo.Bo.

Dr. Guadalupe Alan Castillo Rdz.  
División de Estudios de Posgrado

Ciudad Universitaria, a Diciembre 13 de 2007.

## **DEDICATORIAS**

A Dios ... Por darme la fortaleza, voluntad e inteligencia para afrontar la vida cada día y luchar ante la adversidad.

A mi Papá ... Quien me acompaña siempre en espíritu y de quien aprendí que la vida pasa en un segundo, “Gracias Papá, se que dondequiera que estés me aplaudes el haber llegado al final ”.

A mi Mamá ... Por ser mi gran apoyo, mi amiga, mi confidente, por tu paciencia en mis momentos de desesperación y tus cuidados día a día.

A mi Hermana... Que siempre esta ahí para recordarme lo simple que las cosas pueden ser y lo complicadas que yo las hago.

Y a todos mis amigos que me soportaron el cuento del nunca acabar de mi Tesis y que finalmente hoy les puedo decir..”Ya acabe”...

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al M.C. Javier De la Garza Salinas asesor de esta tesis por su valiosa ayuda e interés para el desarrollo del presente trabajo y los revisores de tesis Dr. Eugenio López y M.C. José Luis Castillo Ocañas por sus sugerencias y observaciones en el contenido de la misma.

A mi familia por su confianza, paciencia y soporte que me brindaron durante el estudio de mi posgrado.

A todos aquellos maestros que enriquecieron mi crecimiento profesional con su experiencia.

A aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron en mucho a la realización de esta meta, como mi cuata Lulú que siempre estando tras el escritorio me advertía que tenía que acabar “pronto”....

# PRÓLOGO

En la actualidad, los productos provenientes del plástico están alrededor de la vida cotidiana y avances tecnológicos. El plástico se puede encontrar en electrodomésticos, equipo de información, partes automotrices, equipo médico, instrumentación, comunicaciones, entre otros.

Como resultado del incremento en productos derivados del plástico, comienza un período de alto crecimiento industrial con reducción de mano de obra. Actualmente los fabricantes equipan sus máquinas inyectoras con robots para lograr que los procesos de inyección de plástico sean más eficientes. Los robots además de realizar la operación de retirar los productos moldeados de la cavidad de un molde, tienen la ventaja de adaptarse a realizar diferentes tareas dentro de la operación de manufactura tales como transferencia de material, estiba de las piezas moldeadas, empaque, inserción de piezas, entre otras.

En esta Tesis se describe una celda de inyección que se dedica a la fabricación de un producto para la industria alimenticia. En el problema que se estudia se revisan las características del equipo actual, la operación de la mano de obra y el impacto que éstos tienen en los niveles de producción.

# ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN..... 1

**I Planteamiento del problema.....2**

1.1 Descripción de la celda a desarrollar..... 2

1.2 Objetivo.....7

1.3 Hipótesis.....7

1.4 Justificación.....7

1.5 Límites de estudio.....8

1.6 Metodología.....8

**II El proceso de inyección de plásticos.....9**

2.1 Máquina de inyección de plásticos.....9

2.1.1 Unidad de inyección.....10

2.1.2 Unidad de la prensa.....11

2.2 Descripción y partes principales del molde.....12

2.3 Control del proceso de inyección.....14

2.3.1 Etapas del control de proceso en un ciclo de moldeo.....15

2.4 Equipo auxiliar.....18

**III Robots cartesianos en inyección de plásticos.....19**

3.1 Definición de un robot industrial..... 19  
3.2 Tipos de robots cartesianos para inyección de plásticos.....20  
3.3 Determinación del método de sujeción para el efector final.....22  
3.4 Verificación de la pieza.....24

**IV Selección del equipo para la celda de inyección.....26**

4.1 Consideraciones generales.....26  
4.2 Selección de la máquina inyectora y robot.....26  
4.3 Partes principales del robot seleccionado.....35  
4.4 Zonas de trabajo.....38  
4.5 Señales de interfase entre el robot y la máquina inyectora.....39  
4.6 Ejemplo de rutina de un ciclo de robot.....41  
4.7 Determinación del efector final.....43

**V Integración del equipo para la celda de inyección.....44**

5.1 Instalación de la máquina inyectora..... 44  
5.2 Integración del robot a la máquina inyectora.....44  
5.3 Instalación del robot en la platina fija.....45  
5.4 Revisión de la operación del robot.....48  
5.5 Instalación del efector final de brazo en el robot.....50  
5.6 Programación del ciclo del robot.....51  
5.7 Programa final de operación.....58

<b>VI Resultados de la operación.....</b>	<b>59</b>
6.1 Comparación de los resultados.....	59
6.2 Tiempo muerto de operación.....	61
6.3 Niveles de rechazo.....	61
6.4 Indicadores.....	62
<b>VII Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>65</b>
<b>VIII Referencias.....</b>	<b>66</b>
Listado de figuras.....	66
Listado de tablas.....	67
Listado de gráficas.....	67
Bibliografía.....	68
Manuales de operación y mantenimiento.....	69



# INTRODUCCIÓN

De una breve manera se describe la inyección de plásticos como un proceso en el cual un plástico presente en forma de gránulos es convertido en una forma específica a partir de la aplicación de calor y presión.

La selección y flexibilidad de los robots en una celda de trabajo junto con alguna estrategia de automatización trae como ventaja el maximizar el tiempo de uso de la máquina para producir piezas de calidad, reducir costos de mano de obra y niveles de rechazo. En la mayoría de los productos de plástico, como aquellos de pared delgada como los utilizados en equipo médico, utensilios de cocina, óptica, que son producidos en grandes cantidades, hay una fuerte demanda a tener una producción eficiente. El uso de robots para remover las piezas y reducir el tiempo de ciclo es un foco de interés. Fracciones de segundo como diferencia en el tiempo de ciclo van a significar un gran paso en la productividad global de la planta.

En esta Tesis se analiza una celda dedicada a la fabricación de vasos de plástico de alta demanda con constantes paros en la producción. Se realizó un análisis de las condiciones de manufactura, condiciones del equipo y así pudo determinarse que los paros continuos eran resultado de la ineficiencia del equipo principalmente. Se plantean además los elementos necesarios que intervienen en la integración del robot a la celda de trabajo y las ventajas que un robot ofrece para hacer más competitivo un proceso de manufactura. En inyección de plásticos, el robot va a beneficiar el volumen de producción, el tiempo total de ciclo, la mano de obra en la celda de operación, la constancia del proceso, entre otros.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### **1.1 Descripción de la celda a desarrollar.**

La celda de inyección que se va a desarrollar esta dedicada a la producción de vasos de plástico. Consiste de una máquina inyectora de 300 toneladas de fuerza de cierre, un molde de seis cavidades que junto con la máquina trabaja a un ciclo promedio de 6.4 segundos. La máquina trabaja en ciclo automático y se producen seis vasos por cada ciclo de inyección. Un operador se encarga de recibir los vasos que son expulsados del molde en una charola de cartón y los coloca en una banda transportadora. Posteriormente tres operadores reciben los vasos para realizar el empaque del producto final en unidades de ochenta vasos. Ver Fig. 1.1.1 y Fig. 1.1.2

Los requerimientos de producción de estos vasos son altos, su demanda promedio es arriba de dos millones de unidades, sin embargo esta celda no cumplía con este requerimiento. Las continuas fallas de la máquina de inyección, un ciclo de inyección por arriba del ciclo que se había considerado en el costo del producto, los niveles de rechazo en conjunto con el exceso de mano de obra, comenzaron a combinarse con las continuas quejas de servicio al cliente por fallas en la entrega del producto.



Fig. 1.1.1 Operador recibiendo vasos en prensa por caída libre.



Fig. 1.1.2 Operadores empacando vasos.

Esta celda comenzó a operar a finales de 2005. A continuación se muestra una tabla comparativa de las condiciones consideradas antes del arranque de la celda y las condiciones de operación reales en ese momento.

Recurso	Condiciones consideradas	Condiciones actuales
Máquina ( Toneladas fuerza)	300	300
Mano de obra (Operadores)	2	4
Ciclo (segundos)	5	6.4
Rechazo (%)	1	3
Cavidades (número)	6	6
Ciclo producción 24hrs/6 días	622,080	486,000
Producción diaria	103,680	81,000

Tabla 1.1.3 Condiciones generales de la celda.

El promedio de producción en condiciones de operación continua para un ciclo de 6.4 segundos es de 81,000 piezas, sin embargo, la producción promedio diaria solo alcanzaba un 60% del total de unidades. En las siguientes tablas, Tabla 1.1.4 a Tabla 1.1.7 se muestran los valores diarios promedios por semana de la producción de un mes y las unidades no producidas por la ineficiencia del equipo.

Día	Piezas aceptadas	Piezas rechazadas	Total piezas producidas	Piezas no producidas	Porcentaje rechazo	Tiempo muerto
1	68,351	2,551	70,902	10,098	3.60	2.99
2	55,592	2,248	57,840	23,160	3.89	6.86
3	47,164	1,340	48,504	32,496	2.76	9.63
4	25,473	1,011	26,484	54,516	3.82	16.15
5	29,739	765	30,504	50,496	2.51	14.96
6	36,906	1,206	38,112	42,888	3.16	12.71
<b>Promedio semana 1.</b>	<b>43,871</b>	<b>747</b>	<b>45,391</b>	<b>35,609</b>	<b>3.29</b>	<b>10.55</b>

Tabla 1.1.4. Promedio diario de producción de semana 1.

Día	Piezas aceptadas	Piezas rechazadas	Total piezas producidas	Total piezas no producidas	Porcentaje rechazo	Tiempo muerto
7	51,002	1,372	52,374	28,626	2.62	8.48
8	45,877	1,163	47,040	33,960	2.47	10.06
9	65,777	1,537	67,314	13,686	2.28	4.06
10	32,104	1,280	33,384	47,616	3.83	14.11
11	56,631	1,605	58,236	22,764	2.76	6.74
12	58,894	630	59,524	21,476	1.06	6.36
<b>Promedio semana 2.</b>	<b>51,714</b>	<b>657</b>	<b>52,979</b>	<b>28,021</b>	<b>2.50</b>	<b>8.30</b>

Tabla 1.1.5. Promedio diario de producción de semana 2.

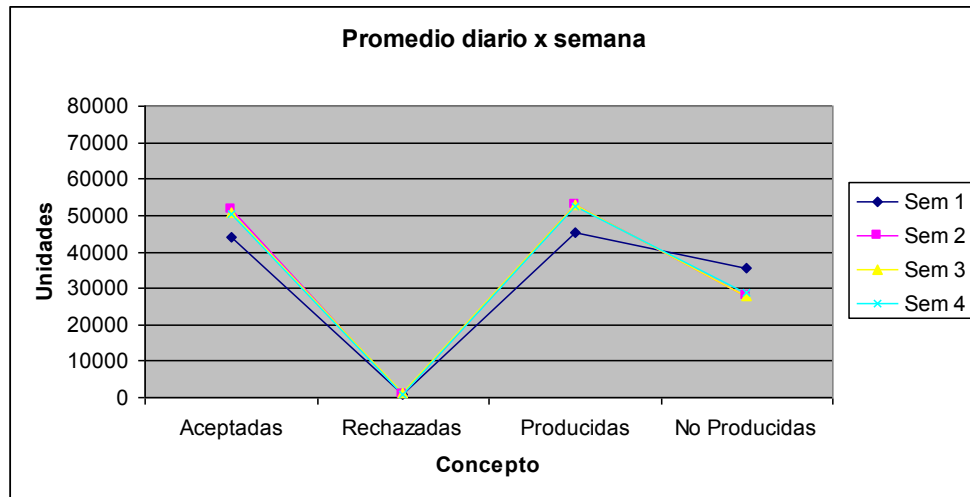
Día	Piezas aceptadas	Piezas rechazadas	Total piezas producidas	Total piezas no producidas	Porcentaje rechazo	Tiempo muerto
13	29,697	1,425	31,122	49,878	4.58	14.78
14	66,671	1,753	68,424	12,576	2.56	3.73
15	32,871	2,535	35,406	45,594	7.16	13.51
16	71,146	2,840	73,986	7,014	3.84	2.08
17	48,039	1,461	49,500	31,500	2.95	9.33
18	55,972	3,128	59,100	21,900	5.29	6.49
<b>Promedio semana 3.</b>	<b>50,733</b>	<b>1,184</b>	<b>52,923</b>	<b>28,077</b>	<b>4.40</b>	<b>8.32</b>

Tabla 1.1.6. Promedio diario de producción de semana 3.

Día	Piezas aceptadas	Piezas rechazadas	Total piezas producidas	Total piezas no producidas	Porcentaje rechazo	Tiempo muerto
19	55,253	2,323	57,576	23,424	4.03	6.94
20	37,878	1,416	39,294	41,706	3.60	12.36
21	49,845	3,321	53,166	27,834	6.25	8.25
22	46,125	1,605	47,730	33,270	3.36	9.86
23	62,983	899	63,882	17,118	1.41	5.07
24	50,572	1,724	52,296	28,704	3.30	8.50
<b>Promedio semana 4.</b>	<b>50,443</b>	<b>964</b>	<b>52,324</b>	<b>28,676</b>	<b>3.66</b>	<b>8.50</b>

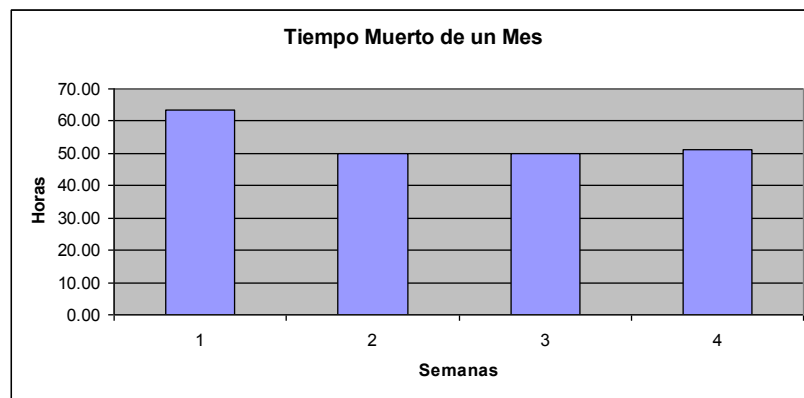
Tabla 1.1.7. Promedio diario de producción de semana 4.

En la siguiente gráfica se muestran los promedios diarios de cuatro semanas de operación y la similitud en los resultados. En ninguna semana se estuvo cerca del total de producir 81,000 piezas diarias.



Gráfica 1.1.8 Comparativo de resultados de cuatro semanas.

La siguiente gráfica nos refleja el tiempo muerto de un mes. En unidades de producto terminado, una tarima completa de producto son 12,000 piezas en total. El promedio de las piezas no producidas es de 30,000 lo que quiere decir que 2.5 tarimas diarias se dejaban de producir y 60 tarimas mensuales se dejaban de vender al cliente.



Gráfica 1.1.9 Tiempo muerto en un mes de operación.

## **1.2 Objetivo.**

Como resultado de la situación de la producción de vasos, el objetivo es mejorar la operación de manufactura en la celda de inyección de plásticos para obtener un incremento en la productividad, lograr la disminución de tiempos muertos y reducir costos de operación.

## **1.3 Hipótesis**

El reemplazo de la máquina de inyección de plásticos por una máquina nueva y con capacidad de alta velocidad así como la integración de un robot a la celda de trabajo incrementará la productividad al lograr reducir tiempos muertos por condiciones del equipo, mejorar el tiempo de ciclo actual en uno o dos segundos y reducir la intervención en mano de obra.

## **1.4 Justificación.**

Actualmente los industriales del plástico que buscan ser más competitivos en el mercado necesitan estar enfocados en mejorar la calidad de sus productos y procesos, así como también tener una buena velocidad de respuesta a las demandas del mercado.

Las condiciones de operación de la celda de la producción de vasos, el incremento en el tiempo muerto y principalmente la pérdida en los volúmenes de venta y servicio al cliente son las razones que justificarían la adquisición de un nuevo equipo y automatización de la celda.

## **1.5 Límites de estudio**

- En esta tesis se plantea un caso real de una empresa de inyección de plásticos.
- El equipo que se describe y sus funciones es información comercial proporcionada por los proveedores de dichos equipos.

## **1.6 Metodología**

- Documentación de conceptos teóricos generales.
- Requerimientos técnicos de integración de robots a una celda de inyección de plásticos.
- Integración del equipo a la celda de inyección.
- Resultados obtenidos en la eficiencia de la celda de inyección de plástico actual.



# CAPÍTULO II

## EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

### **2.1 Máquina de inyección de plásticos.**

Las máquinas inyectoras de plástico son clasificadas en base a su capacidad (expresada en onzas) de inyectar el plástico en una dosis y en base a la fuerza (expresada en toneladas) que mantiene el molde cerrado. Una dosis de plástico expresada en onzas, es la cantidad de plástico que puede ser derretida e inyectada en un ciclo. Una manera de validar la capacidad de la máquina es realizar una dosis de material sin molde y posteriormente pesar la cantidad de plástico inyectado.

Una máquina inyectora de plásticos consiste básicamente de tres partes. Una parte de la máquina es llamada unidad de inyección, esta se encarga de derretir el plástico e inyectarlo dentro del molde; principalmente prepara la inyección del plástico en el molde. Una segunda parte, localizada en otro extremo, es el mecanismo de la prensa (Figura 2.1.0). La prensa debe ser capaz de mantener el molde cerrado durante la inyección y a su vez realizar la apertura del molde una vez que la parte se haya enfriado. La tercer parte es el molde, el cual se encarga de dar la forma final al plástico y realizar la expulsión de la pieza fuera del molde.



Fig. 2.1.0 Máquina inyectora de plásticos. (Imagen Milacron Inc).

### 2.1.1 Unidad de inyección.

La unidad de inyección se forma principalmente por una tolva para el material plástico, un pistón de inyección, motor del extrusor, un barril de inyección, un husillo y bandas calefactoras. En la figura 2.1.1. se muestran las partes principales de la unidad de inyección.

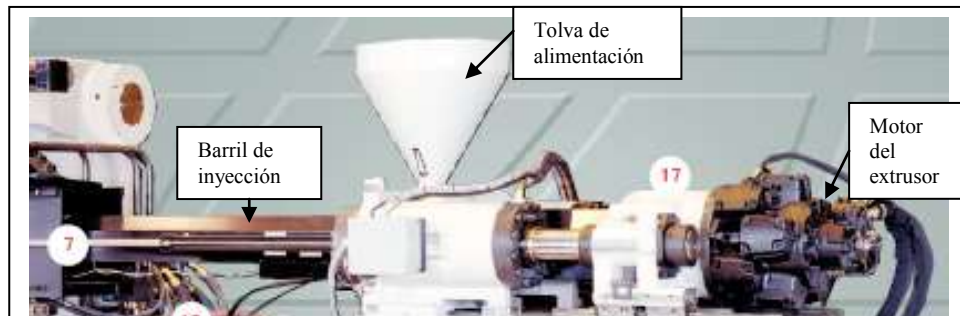


Fig. 2.1.1. Partes principales de la unidad de inyección. (partes expuestas).

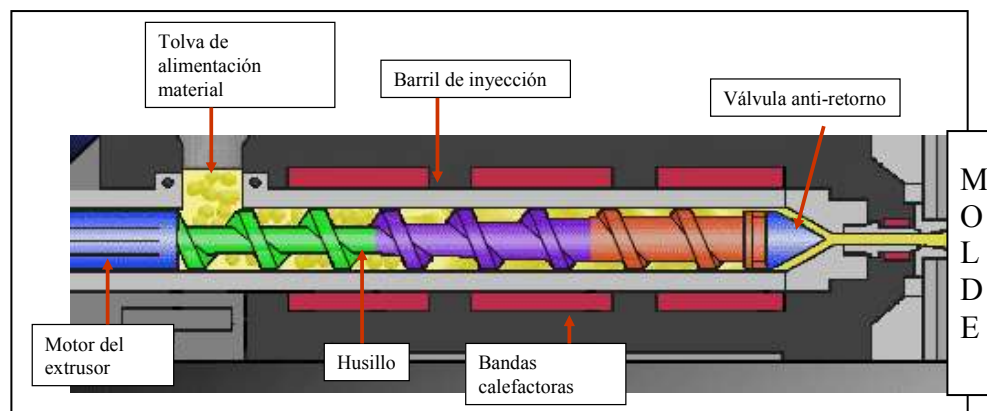


Fig.2.1.1 Partes principales de la unidad de inyección (partes no expuestas).

El husillo de inyección dentro del barril gira por efecto del motor del extrusor. La rotación del husillo causa que el plástico en forma de gránulos descienda de la tolva hacia dentro del barril. El barril se encuentra caliente a una cierta temperatura por medio de unas bandas calefactoras que están colocadas alrededor de todo el cuerpo del barril. Conforme el husillo gira dentro del barril, el plástico fundido es mezclado, comprimido y homogeneizado para posteriormente ser llevado hacia una válvula anti-retorno que se encuentra colocada al final del husillo. La función de la válvula anti-retorno es impedir que el plástico se retorne hacia el husillo y a su vez permite que el husillo actúe como pistón para realizar la inyección dentro del molde. Una vez que la mezcla es suficiente para llenar las cavidades del molde, el husillo deja de girar hasta que el molde se encuentra totalmente cerrado y entonces la inyección es realizada.

Después que se cierra el molde la alta presión o tonelaje esta presente, los cilindros de inyección actúan como medio de empuje del plástico fundido y desplazan el husillo dentro del barril hacia el frente, este movimiento hace que el material se inyecte dentro del molde a velocidades y presiones establecidas por el control de la máquina (control de proceso). Después de un intervalo de tiempo prefijado, el husillo comienza a girar nuevamente y prepara otra dosis de plástico (proceso de carga) para iniciar un nuevo ciclo de inyección.

### **2.1.2 Unidad de la prensa.**

La unidad de la prensa en conjunto con la unidad de inyección forman la máquina inyectora de plásticos y ambas pueden ser controladas por un sistema hidráulico o un sistema totalmente eléctrico, o combinación de ambos. La unidad de la prensa esta comprendida de un mecanismo de cierre, el conjunto de platinas móvil y estacionaria, barras guía, puertas de operador, protecciones de seguridad y un mecanismo de expulsión. En la Fig. 2.1.2 se muestran las partes principales de la unidad de prensa.

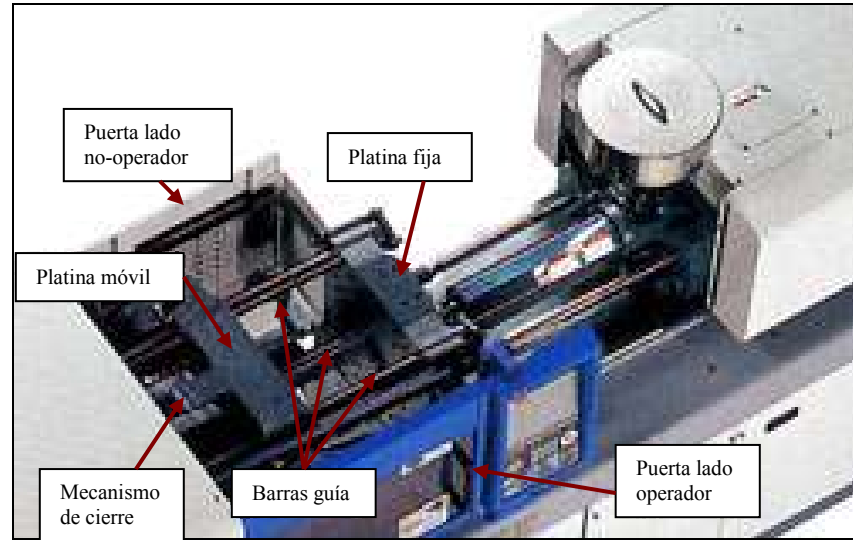


Fig. 2.1.2 Partes principales de la unidad de prensa.

La función principal de la prensa es mantener el molde cerrado mientras el plástico es inyectado en las cavidades del molde. La fuerza de cierre presente entre las platinas fija y móvil debe ser suficiente para evitar que los lados del molde se separen cuando se encuentran bajo la acción de la fuerza que ejerce el plástico que es inyectado en las cavidades del molde. Posteriormente, cuando el plástico inyectado se ha enfriado, la prensa abre para dejar actuar al mecanismo de expulsión y se retiren las partes moldeadas, después de esto, la prensa vuelve a cerrar para permitir otro disparo de material y el plástico sea inyectado nuevamente dentro del molde.

## 2.2 Descripción y partes principales del molde.

En la fabricación de moldes se utiliza principalmente acero con distintos tipos de aleaciones dependiendo de las propiedades que se requieran. Los moldes son construídos utilizando tecnologías típicas de maquinado ya que se requiere de precisión en su construcción debido a que la calidad del diseño del molde afecta directamente la calidad en el proceso y en el producto. En la Fig. 2.2.1 se muestran las partes principales de un molde de inyección.

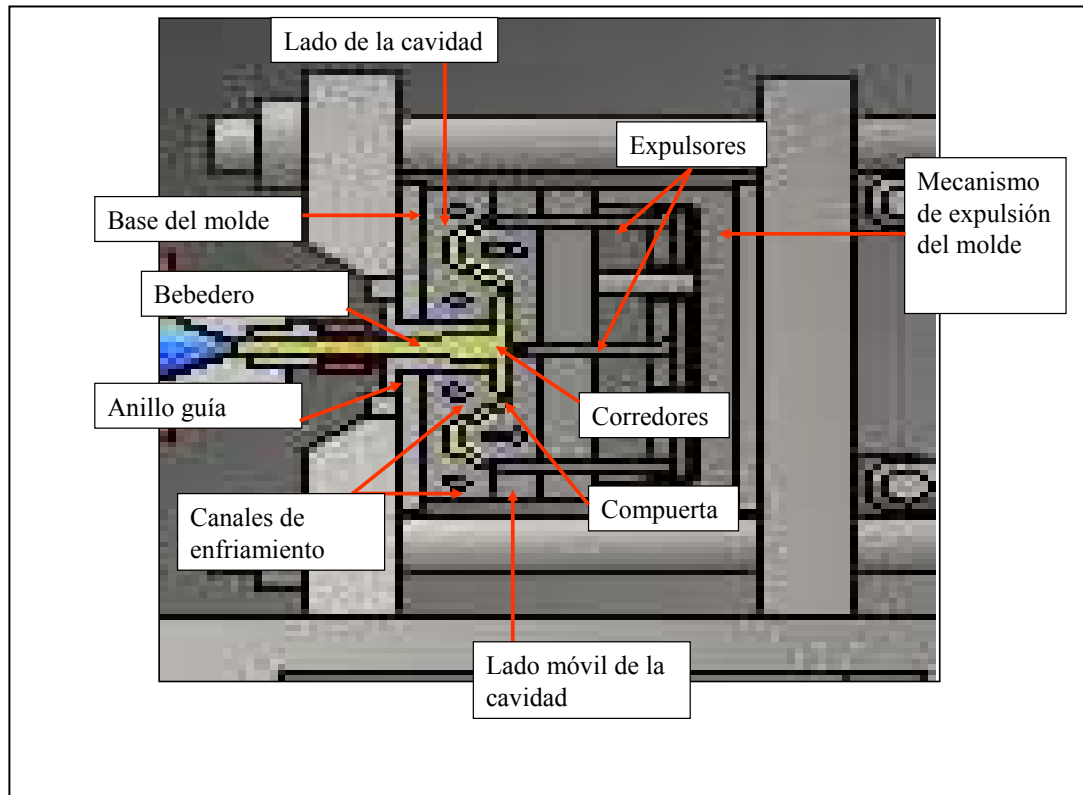


Fig. 2.2.1 Partes principales de un molde de inyección.

El molde puede consistir de una simple cavidad o un número determinado de cavidades iguales o distintas en su geometría para dar forma al plástico. Cada cavidad está conectada a los canales por donde el plástico fluye, esto quiere decir, que el molde puede llegar a producir más de una pieza por cada ciclo de inyección. Los canales por donde fluye el plástico en un molde pueden ser llamados de colada fría o colada caliente. Para entender mejor estos términos, colada fría se refiere a que el plástico en los canales por donde fluye se enfría y son expulsados junto con la pieza para ser retirados; colada caliente se refiere a que los canales por donde fluye el plástico lo mantienen caliente y no tiene contacto con el exterior para ser solidificado.

En la siguiente tabla se describen las partes de un molde típico en inyección y su función en relación al plástico inyectado.

PARTE	DESCRIPCIÓN
Base del molde	Mantener la cavidad (es) en una posición correcta y fija en relación a la boquilla de inyección.
Anillo guía	Mantener la alineación apropiada de los platos de la cavidad.
Bebedero	Proveer el medio necesario para que el plástico fundido se vaya introduciendo al molde.
Corredores	Llevar el plástico fundido desde el bebedero a las cavidades.
Compuerta	Controlar el flujo del plástico de los canales a la cavidad.
Platos de la cavidad.	Controlar el tamaño , la forma y la textura de la superficie de la pieza (s) a moldear.
Canales de enfriamiento (o de calentamiento para termofijos y elastómeros).	Controlar la temperatura de la superficie del molde para llevarlo a la solidificación.
Sistema de ventilación.	Evitan que haya aire o gas atrapado en las cavidades al inyectarse el plástico.
Mecanismo de expulsión	Expulsan la parte moldeada de la cavidad.
Retorno del mecanismo de expulsión.	Regresan las varillas de expulsión a su posición inicial a la vez que el molde esta cerrando para un nuevo ciclo de inyección.

Tabla 2.2 Partes principales del molde y su función.

### 2.3 Control del proceso de inyección.

Existen tres operaciones básicas en inyección de plásticos:

1. Incrementar la temperatura del plástico en la unidad de inyección para que este pueda fluir a la vez que se le esta aplicando una presión, lo cual incluye:
  - Calentar y mezclar el material plástico.
  - Homogenizar la mezcla a una temperatura uniforme.
  - Inyectar la mezcla dentro de la cavidad del molde.
2. Permitir que el plástico se solidifique dentro del molde.
3. Abrir el molde para la expulsión del producto moldeado.

El proceso completo de cerrar el molde, inyectar el plástico, enfriar y expulsar la parte moldeada es llamado **ciclo de inyección**.

Los pasos anteriores son un conjunto de operaciones que se realizan en la máquina de inyección de plásticos para poder procesar el plástico que se va a inyectar en el molde y son también principales determinantes en la productividad del proceso puesto que la velocidad de fabricación o tiempo de ciclo dependerán de que tan rápido el material puede ser calentado, inyectado, solidificado y expulsado. En un ciclo de inyección se puede considerar para la inyección del plástico de un 5% - 8% del tiempo, para que el plástico se enfríe y se solidifique en el molde de un 80% - 85% y finalmente en la operación de apertura, expulsión y cierre del molde entre un 10% - 15% del tiempo total.

### **2.3.1 Etapas del control de proceso en un ciclo de moldeo.**

La inyección de plástico dentro de un molde esta determinado por varias condiciones que pueden crear distintos efectos en los parámetros que tienen influencia en las tolerancias del producto como son el diseño del producto, plástico utilizado, diseño del molde, capacidad de la máquina inyectora y el control del proceso.

El control del proceso a la vez que puede llegar a ser complejo lo podemos simplificar en cinco etapas que se ejecutan en un ciclo de la máquina inyectora; plastificación, inyección, enfriamiento, carga y expulsión. El control adecuado de cada una de estas etapas y mantener las variables en forma constante es la clave para obtener piezas inyectadas similares, a su vez éstas variables dependen también de la capacidad de la máquina inyectora.

En la siguiente figura se representa un ciclo de moldeo y las etapas que están presentes entre el husillo de inyección (tornillo) y el molde.

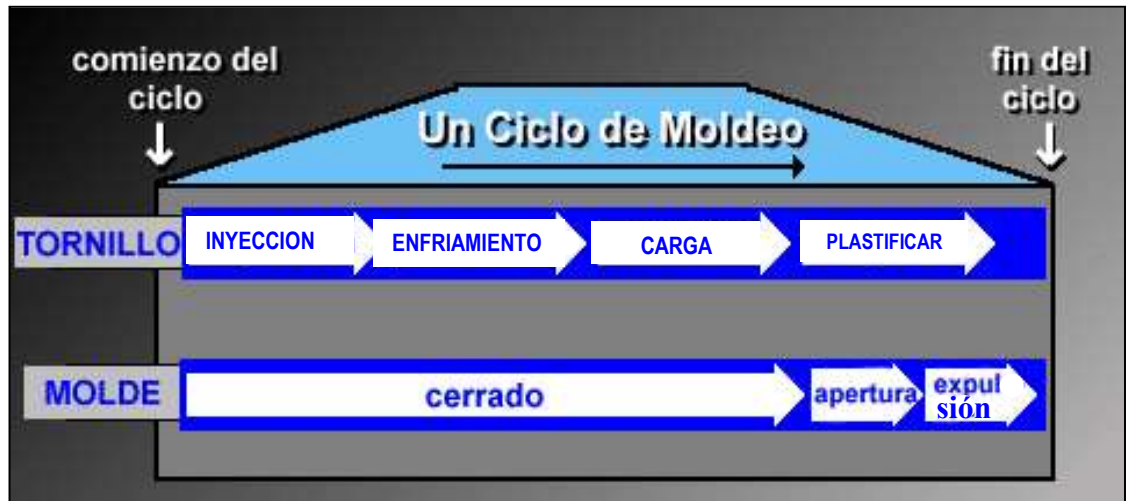


Fig. 2.3.1 Un ciclo de moldeo.

Al comienzo del ciclo de moldeo, el molde se encuentra totalmente cerrado al mismo tiempo que el husillo realiza la inyección del plástico, al terminar de llenarse la cavidad o cavidades del molde (según sea el caso) se inicia la etapa de enfriamiento mientras el molde continúa cerrado. Una vez que esta etapa se ejecuta, el husillo gira para preparar la dosis del siguiente ciclo, lo que es conocido como proceso de carga y el molde continúa cerrado. Cuando el husillo ya se preparó, el molde comienza a abrir y al estar totalmente abierto se realiza la expulsión de la cavidad o cavidades, el ciclo de moldeo se termina y el husillo está ya listo para el inicio del siguiente ciclo.

A continuación se describe de manera individual cada una de las etapas en el ciclo de moldeo:

**Plastificar.**- En esta etapa se realiza la conversión del material de su forma normal de gránulos a tener una consistencia líquida a la temperatura de fusión recomendada. El mantener uniforme la temperatura de la mezcla es uno de los factores más importantes y a su vez un problema para el control de la máquina. El motor del extrusor, el husillo y el barril deben trabajar en conjunto para que el material fundido sea constante en temperatura y consistencia.



**Carga.-** Es el proceso en el cual el husillo gira para acumular plástico al frente del barril hasta tener la cantidad que se requiere para la inyección.

**Inyección.-** Esta es la etapa en la cual el material derretido se introduce dentro del molde a través del pistón de inyección para llenar completamente la cavidad o cavidades.

**Enfriamiento.-** Es la acción de remover el calor del material que ha sido derretido al ser introducido a la cavidad. Al momento que es enfriado, el material tiende a contraerse y solidificarse. El enfriamiento consume cerca del 80% del ciclo total del proceso. Debido a que la inyección de plásticos es un proceso térmico, los ciclos automáticos tienen un mejor desempeño que los ciclos semi-automáticos debido a su consistencia térmica. El enfriamiento está influenciado por el diferencial que existe entre la temperatura del plástico derretido, la temperatura de la cavidad en el molde, la temperatura del aire, la temperatura de la platina y la temperatura del fluido de enfriamiento.

**Expulsión.-** Es la remoción de la parte moldeada previamente enfriada y solidificada. La pieza es retirada de la cavidad (es) del molde.

La ejecución del proceso de inyección es realizado por controladores de lazo cerrado programados por el fabricante de la máquina inyectora. Estos controladores automáticamente monitorean el proceso y realizan por sí mismos correcciones para mantenerse dentro de los parámetros establecidos y da a los moldeadores la capacidad de asegurar que el proceso es constante.

En algunos casos, una vez que el proceso se ha controlado, algunas características dimensionales y/o estéticas no se llegan a alcanzar por la naturaleza del proceso y siendo así, se hace una retroalimentación de los resultados para que se evalúen las posibles causas por el área de diseño y/o ingeniería de procesos y se determinan nuevamente las características del producto.

## **2.4 Equipo Auxiliar**

Equipo adicional a la máquina de inyección de plásticos y al molde, es utilizado dentro del proceso de inyección de plásticos para la producción de piezas. Controles de temperatura, molinos o trituradores de material, cargadores de material en las tolvas, sistemas de enfriamiento en moldes, secadores de resina, controles de temperatura en moldes, sistemas para retirar las venas de inyección son equipos auxiliares. Los equipos auxiliares más importantes son los controladores de temperatura en los moldes, los trituradores de material y secadores de resina.

Los controladores de temperatura en los moldes se encargan de mantener el molde a una temperatura apropiada para el enfriamiento de la pieza de plástico y pueden incrementar la temperatura en aplicaciones de resinas de ingeniería. Estos materiales normalmente requieren de altas temperaturas para realizar el llenado de las cavidades del molde sin que el plástico sea endurecido.

Un triturador de material convierte venas de inyección y piezas rechazadas en pequeñas partículas de plástico uniformes las cuales, pueden ser mezcladas nuevamente con la resina en la tolva y ser procesado nuevamente. Dependiendo del producto a ser moldeado un material molido se puede aceptar en cierto porcentaje.

El tercero en mencionar, es el secador de resina, que tiene una función crucial. Algunas resinas contienen humedad en sus moléculas. La humedad excesiva puede causar un comportamiento inconstante de la resina en el proceso de inyección y afectar la apariencia de las piezas moldeadas así como su tiempo de vida. Algunas veces el exceso de humedad en resinas que no fueron deshumidificadas correctamente causa que las piezas se vuelvan quebradizas.

# CAPÍTULO III

## ROBOTS CARTESIANOS EN INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.

### 3.1 Definición de un robot industrial

Los robots industriales en la actualidad son una tecnología confiable e importante en la automatización de plantas. Esta demanda esta creciendo hacia su utilización para lo cual es necesario un buen conocimiento acerca de las características y posibilidades del robot, la operación y necesidades de manufactura.

El término de robot industrial algunas veces utilizado a manera de rutina por los expertos. La ISO (Organización Internacional de Estándares), ha formulado la siguiente definición con respecto a robots y manipuladores:

“Un robot industrial es una máquina manipuladora controlada automáticamente, reprogramable, de propósito múltiple, con algunos grados de libertad, los cuales, pueden estar fijos en algún lugar o móviles para su uso en la automatización industrial.”

La interpretación de la definición se puede describir con lo que un robot debe cumplir:

- Ser reprogramable de una manera sencilla, sin tener que realizar cambio físico en la máquina.
- Tener una memoria y una lógica que sea apta para trabajar independientemente y automáticamente.
- Tener una estructura física de que permita la ejecución de varias tareas sin una mayor reconstrucción.

Un rasgo común en la definición del término “robot industrial” es su adaptabilidad y versatilidad. Ambos términos están referidos a la flexibilidad del robot en cambios de necesidades de manufactura de distintos productos en una misma celda de trabajo.

### **3.2 Tipos de robots cartesianos para inyección de plásticos.**

Los procesos actualmente están demandando ser más competitivos en nuevas estrategias de automatización para maximizar la utilización de la máquina inyectora y obtener piezas de calidad al mismo tiempo que se reducen los costos de mano de obra y desperdicio. La habilidad de un robot de tener el control total de la celda de trabajo ha ido creciendo con la aplicación de una programación simple de rutinas de tomar y dejar piezas. Los tipos de robots que podemos encontrar en la industria de inyección de plástico son generalmente tres: robot de coladas, robots neumáticos y robots eléctricos manejados por servocontroladores.

**Robot de coladas:** Estos robots están diseñados principalmente para retirar la colada o vena de una inyección de piezas del molde. La mayoría de los robots de coladas son manejados neumáticamente. Durante el ciclo, cuando el brazo del robot esta completamente fuera del área del molde, lleva consigo la colada para colocarla en su destino final que puede ser en un depósito o en un molino de plástico. Los robots de colada pueden en un momento dado ser flexibles para otra aplicación si se le programa de una manera tal que sirva para la remoción de piezas pequeñas. Una desventaja de utilizarlos de esta forma es la limitante de la distancia de la cual las

piezas serían depositadas, sin embargo, se puede adaptar alguna mesa o depósito que compense esta diferencia.

**Robots neumáticos:** Para muchas aplicaciones, especialmente en máquinas de tonelaje pequeño, un robot neumático es suficiente para la remoción de piezas. Los robots neumáticos pueden ser un método efectivo para retirar piezas y/o coladas de inyección, y normalmente pueden ser configurados para adaptarse a la mayoría de las máquinas inyectoras de entre 50 a 700 toneladas. Están diseñados para retirar piezas y coladas con un efector final de brazo y tienen capacidad de carga significativamente más grandes que los robots de colada.

Las posiciones de los ejes manejados neumáticamente son establecidas por medio de interruptores de límite físicos. Esto puede ser una desventaja cuando los robots neumáticos son utilizados en máquinas inyectoras de más capacidad, ya que probablemente un técnico va a necesitar subir a la máquina para ajustar estos límites físicos. Por esta razón los robots neumáticos trabajan muy bien con prensas pequeñas debido a que es posible realizar los ajustes desde el piso de trabajo. Para máquinas más grandes normalmente se utilizan los robots moto controlados.

**Robots motor-controlados:** Los robots motor-controlados típicamente con 3 ejes, algunas veces con más de 5 ejes son más flexibles que otros tipos de robots y además pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Por ejemplo, pueden utilizarse con una variedad de moldes y operaciones secundarias. La capacidad de programación facilita su aplicación en grandes maquinarias.

Los robots motor-controlados son manejados normalmente por variadores de frecuencia o por servo motores. La velocidad es el factor primordial en la selección del tipo de control que se requerirá según la aplicación. Si la velocidad y exactitud de un servo no puede ser justificada debido al costo que implica, entonces se puede seleccionar un variador de frecuencia, sin embargo, la aplicación va a depender del

tiempo que le lleve al robot entrar y salir fuera del molde en el tiempo requerido. Si esto no se puede cumplir, entonces será necesario un servo motor para la aplicación.

Un robot con servo motor actualmente tiene popularidad debido a su habilidad de colocar en posiciones más precisas el efector final de brazo, seguridad en el área de trabajo y su velocidad. La habilidad de la precisión que proporciona un robot servo controlado permite poder realizar varias operaciones en conjunto con el efector final de brazo. Estas operaciones pueden ser colocar piezas de un molde familiar (cavidades diferentes) en cajas distintas, colocar insertos metálicos que se han tomado de un lugar distinto hacia el molde, colocar las venas de inyección en un triturador de material, entre otras muchas aplicaciones.

La siguiente ventaja es la seguridad. El problema de seguridad comparado con robots neumáticos es que los neumáticos deben cerrar un interruptor de límite antes de ir en dirección inversa y esto puede poner en riesgo al operador. Los robots servo controlados han eliminado este riesgo al ser habilitados con contadores de tiempo en una dirección en particular.

Como última ventaja se tiene su velocidad. Este tipo de robots normalmente permiten una reducción de un ciclo total entre 1 a 2 segundos por ciclo.

### **3.3 Determinación del método de sujeción para el efector final.**

Un robot para una inyectora de plásticos no es mejor que su efector final de brazo. Todos los beneficios potenciales de los robots como son incremento en la productividad, calidad y seguridad, así como también la reducción de desperdicio son influenciados por la efectividad de cómo realiza el trabajo el efector final. Tres métodos son comúnmente utilizados: succión, sujetadores mecánicos, y pistones neumáticos.

3.3.1 **Método de succión**: En todas las industrias (incluyendo plásticos), el método de succión tiene un 65% de aplicación de acuerdo con la Asociación de Industria

Robótica (Robotic Industries Association). Esto es debido principalmente al bajo costo de los vasos de succión, su peso ligero, de fácil diseño, instalación y reutilización.

Cualquier arreglo con succión que se haya escogido, es muy importante primero determinar la fuerza requerida para sujetar la pieza. La selección, el tamaño y el número de vasos de succión que puedan mantener el control sobre la pieza durante la expulsión de la máquina y durante los movimientos requeridos por el robot son muy importantes para que en la operación no se tenga algún riesgo de que las piezas no sean tomadas correctamente. Cuando una pieza no tiene suficiente superficie plana para adaptar los vasos de succión estándar, diseños especiales de vasos de succión pueden ser utilizados pero esto representa mayor costo y menos durabilidad, por lo que se utilizan sólo cuando algún otro método para el efector final no puede adaptarse.

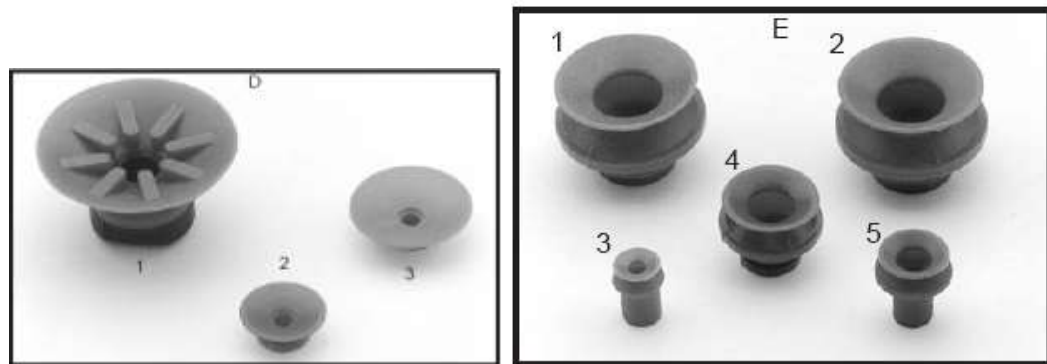


Fig. 3.3.1. Diferentes tipos de vasos de succión para efector final de brazo.

3.3.2 **Sujetadores mecánicos** : El segundo método, sujetadores mecánicos, son utilizados para aquellas piezas que no se pueden asegurar adecuadamente por algún método de succión estándar. No es extraño encontrarse la combinación de sujetadores mecánicos y vasos de succión en un efector final. El sujetador mecánico puede estabilizar y colocar en posición exacta la pieza mientras que los vasos de succión controlan y verifican la pieza durante la expulsión.

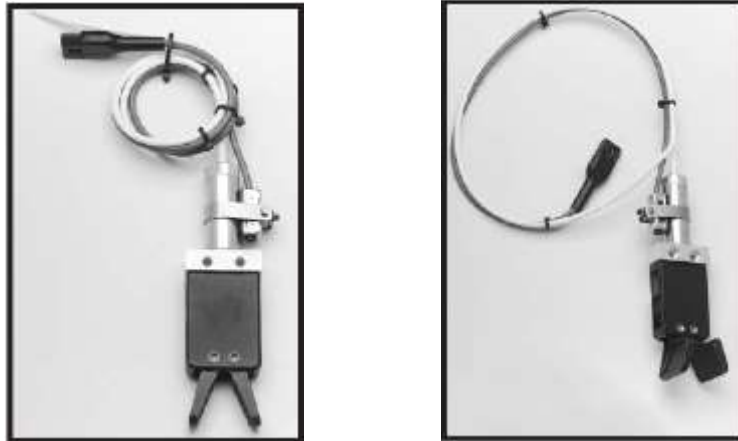


Fig. 3.3.2. Ejemplo de sujetadores mecánicos.

3.3.3 **Pistones**: El tercer método de sujeción, pistones neumáticos, normalmente son configurados en pares opuestos y actúan la mayoría de las veces como extensión del sujetador mecánico. Los pistones son utilizados comúnmente donde el método de succión no puede ser adaptado, donde la configuración de la pieza no permite una sujeción conveniente en los puntos o donde la aplicación requiera una fuerza mayor de sujeción y/o un rango más amplio de apertura del que puede proveer el sujetador.

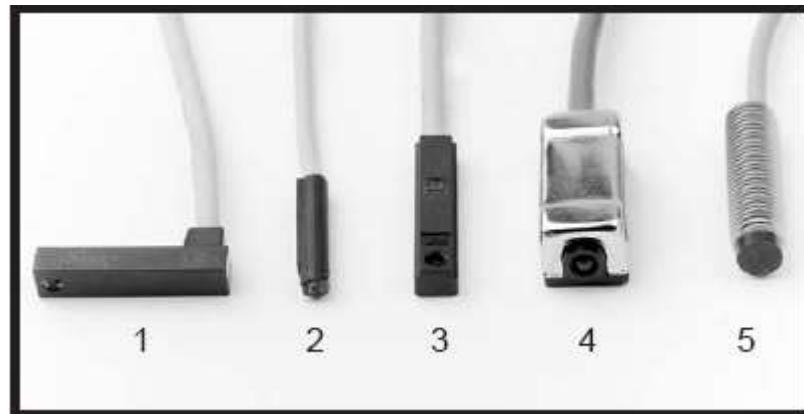
Opciones adicionales pueden ser utilizadas cuando los métodos estandarizados no tienen suficiente sujeción para extraer las piezas del molde. Un mecanismo de sujeción para algunos de los casos consiste en un dedo en forma de gancho que facilita tomar la pieza por su parte posterior. En partes cilíndricas se puede utilizar un dispositivo que realiza la fuerza de sujeción ya sea en el diámetro interno como externo de las partes. Un pistón neumático normalmente realiza el movimiento del dispositivo.

### **3.4 Verificación de la pieza.**

Con el fin de evitar cerrar el molde sin que se hayan expulsado las piezas es esencial verificar la remoción de la parte. En los sistemas de succión de vacío un sistema



de verificación es construido por medio de un transductor (Fig. 3.4) el cual, es colocado en el generador de succión. Si se presenta falla en un vaso de succión, el transductor no enviará señal al controlador del robot, el cuál ha sido programado para detener el ciclo de la máquina evitando que cierre la prensa hasta que la parte haya sido removida manualmente o se reestablezca el ciclo.



**Fig. 3.4 Tipos de sensores para efector final.** (1,3; sensor para sujetador mecánico, 2; sensor de vacío, 4,5; sensor de proximidad).

En el caso de los sujetadores mecánicos, se les incorpora un interruptor o sensor para detectar apertura, cierre o posiciones semiabiertas (Fig. 3.4). En circunstancias donde los sujetadores no pueden tener un método de verificación, un sensor externo o un sensor colocado en un dedo del sujetador se le puede añadir al sistema del robot. Una de las aplicaciones de hoy en día son los sistemas de video que consisten en una imagen programada que monitorea el molde. Este sistema de video puede detectar daño en el molde, presencia de las piezas, entre otras aplicaciones.

# CAPÍTULO IV

## SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA LA CELDA DE INYECCIÓN.

### **4.1 Consideraciones generales.**

Para empezar el proceso de selección, conviene tener en cuenta quien es el proveedor, qué servicio post-venta ofrece y que experiencia tienen quienes le han comprado. Es bueno considerar además qué máquinas existen ya en la planta, pues los operadores se podrán familiarizar más fácilmente al nuevo equipo, y se podrán adquirir repuestos comunes, lo cual representa un aumento en confiabilidad y una reducción en los costos de mantenimiento.

En la decisión del equipo que se seleccionará para sustituir la celda de inyección actual y los proveedores de los mismos, la experiencia con el historial de eventos en la planta en operación, servicio y calidad, fue determinante para proponer la mejora de la celda de inyección a los representantes de máquina inyectoras marca Toyo Machinery y representantes de robots marca Yushin Inc.

### **4.2. Selección de la máquina inyectora y robot.**

La máquina inyectora juega un papel clave en la rentabilidad de la empresa, y su selección debe hacerse con cuidado y a conciencia, teniendo como objetivo una mejora

en competitividad; esto solo se puede hacer comprando el equipo que permita garantizar la calidad requerida y además producir cada pieza con el menor costo posible.

Para escoger la máquina más adecuada se debe saber lo siguiente:

- Qué se quiere fabricar
- En qué materiales se va a fabricar
- Qué precisión se requiere
- Qué cantidad mensual se va a producir
- De que tamaño son los moldes

Lo anterior determina los siguientes parámetros:

- Fuerza de cierre
- Gramaje de inyección
- Presión de inyección
- Velocidad de inyección
- Distancia entre barras
- Carrera de apertura
- Tamaño mínimo y máximo del molde.

De lo anterior descrito, para la selección de la máquina inyectora se proporciona al fabricante la siguiente información,

- Piezas a fabricar: vasos de plástico.
- Tipo de resina: Poliestireno de propósito general GPPS.
- Peso de la pieza: 19.5 grs
- Número de cavidades y dimensiones del molde.

Además, el fabricante fue informado sobre las condiciones actuales de producción en comparación con las consideradas cuando se adquirió el producto como se muestra a continuación en la tabla 4.2.1. (Información mostrada en capítulo I).

Recurso	Condiciones consideradas	Condiciones actuales
Máquina ( Toneladas fuerza)	300	300
Mano de obra (Operadores)	2	4
Ciclo (segundos)	5	6.4
Rechazo (%)	1	3
Cavidades (número)	6	6
Ciclo producción 24hrs/6 días	622,080	486,000
Producción diaria	103,680	81,000

Tabla 4.2.1. Condiciones de operación/producción de vasos de plástico.

Finalmente, se enviaron muestras físicas de los vasos de plástico al proveedor y dibujos del molde.

De la información anterior, se determinó la selección de una máquina inyectora con características de alta velocidad en apertura y cierre, alta velocidad y constancia en la mezcla del plástico y alta velocidad de inyección.

La máquina inyectora seleccionada modelo Si-350III H de la marca de inyectoras Toyo es la que se sugiere por el proveedor para este proyecto. La característica principal de esta máquina es poder cumplir con un tiempo de ciclo corto debido a la combinación de su sistema de control y servomotores de baja inercia/alta respuesta, así también la repetibilidad de la misma al minimizar la variación del peso en el producto debido a que el husillo mantiene una pequeña presión en el plástico fundido en una fracción del tiempo después de tener la medida de la dosis a utilizar. Finalmente combinado a lo anterior, la alta velocidad de inyección que facilita la fabricación de vasos de plástico de

pared delgada. La tabla 4.2.2 resume las características generales de la máquina inyectora seleccionada.

Machine specifications	Molded Product	Operation Time						
350-ton clamp force + J600 injection unit	Caps (12 pcs.)	Mold closing	Injection	Hold pressure	Cooling <sup>※</sup>	Mold opening	Removal	<b>4.9s</b>
		0.8	0.5	0.3	1.7	0.8	0.8	
		0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00s	

En la tabla anterior, mostrada en inglés, se mencionan las características de la máquina inyectora:

**Especificaciones:** 350 Toneladas Fuerza, J600 unidad de Inyección.

**Producto a moldear:** Molde de 12 vasos de plástico

**Tiempos del proceso;**

Cierre de molde: 0.8 sec

Inyección: 0.5 sec

Presión de sostenimiento: 0.3 sec

Enfriamiento: 1.7 sec

Apertura de molde: 0.8 sec

Expulsión: 0.8 sec.

**Total ciclo: 4.9 secs**



Tabla 4.2.2. Características generales de la máquina inyectora seleccionada.

Para la determinación del robot adecuado a la aplicación, los datos que se requieren son: tipo de piezas, peso de las piezas, número de cavidades, ciclo actual, ciclo que se pretende alcanzar, tipo de máquina inyectora así como las dimensiones relacionadas al montaje del robot. Normalmente, los fabricantes de robot, manejan un formato-solicitud en el cual la información incluida ayuda a poder determinar las

dimensiones y distancias en las carreras que se ejecutarán por el robot, así como también la precisión y repetibilidad necesarias.

Para el caso de la celda de inyección la información solicitada por el proveedor del robot se muestra a continuación en la Fig.4.2.3 Formato de proveedor.

## HOJA DE APLICACIÓN PARA ROBOT

---

**INFORMACION DE LA COMPAÑIA**

Compañía: **Conocida** \_\_\_\_\_

Dirección: **Conocida** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

Contacto: **Ingeniero de Proyecto** \_\_\_\_\_

(correo electrónico): \_\_\_\_\_

Explicar el nuevo proceso:  
(extracción, retirar vena, apilamiento, etc.)

**El proceso consiste en la inyección** \_\_\_\_\_

**de vasos de plástico, los cuales se necesitan** \_\_\_\_\_

**extraer del molde y apilar en columnas de 25.** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**IMPORTANTE**  
Requisitos previos a cotización:

Dibujos del molde

Piezas plásticas y vena de inyección

Hoja de aplicación completa

Dimensiones de platina y montaje.

Fotos o video de la aplicación

**MOLDE**

Descripción de la pieza(s) y molde(s): \_\_\_\_\_

**Vasos de poliestireno. Molde 6 cavidades.**

**Colada caliente** \_\_\_\_\_

Número de placas:  Dos  Tres  Molde sencillo

Partes moldeadas fuera de barras guía de la platina ?  
 No  Si (Proveer dimensiones)

Partes en:  Lado fijo  Lado móvil

Piezas caen con expulsores avanzados  Si  No

En caso No, explique: \_\_\_\_\_

Tiempo Ciclo meta: **5.0 sec** \_\_\_\_\_

Tiempo apertura molde; (dwell time): \_\_\_\_\_

Expulsión:  Hidráulica  Mecánica

Ciclo automático :  Actual  Semi-Automático

**MAQUINA INYECTORA**

•Pieza(s) liberadas en:  Lado Operador  Lado no Operador  Ambos (Marco T)  Final prensa (Axial)

•Distancia requerida para liberar las piezas desde el centro del molde: \_\_\_\_\_

•Guarda seguridad para robot:  Cliente  Proveedor

•Banda transportadora en celda:  Cliente  Proveedor

PAG
1

Fig. 4.2.3. Formato de proveedor hoja 1.

## HOJA APLICACIÓN HERRAMENTAL

### INFORMACIÓN DEL MOLDE

**Representar pistón hidráulico del molde (si aplica)**

**Bosquejo de la piezas y dimensiones**

- Número de cavidades y nombre de la parte: ( 6 ) Cavidades -                      Vaso diamante
- Tipo de material:      Poliestireno                      Temp parte(s) expulsada:
- Número de placas:  Dos  Tres  Molde sencillo
- Piezas caen después de expulsadas:  Si  No Explique
- Piezas permanecen en;  Lado fijo  Lado móvil Actualmente caída libre en ciclo automático
- Robot utilizado: Fabricante:     n/a     Modelo:                       
Serie #:                      Orden#:
- Dibujos de molde disponibles?  Si  No – Datos disponibles:
- Dibujo CAD disponible? Si  No
- Muestras de las piezas?  Si  No. ( Fecha de piezas disponibles);
- Método preferido para toma de pieza(s):  Sujetador mecánico  Ventosas  Ambos aceptables
- Superficies en la pieza(s) que no deben tener contacto con EOAT? Explique:                       
                     interior del vaso
- Eliminar vena inyectada?  No  Si, (Rango de tolerancia requerido en el corte):     n/a
- Colocar insertos?  No  Si. (Insertos colocados en lado molde?  Fijo  Móvil  
Nombre del inserto:     n/a     Tipo alimentación:  Bandeja(500 insertos req.)  Magazine Load  
 Disparo Automático  Disparo operado manual  Otro:

PAG  
2

Fig.4.2.3. Formato de proveedor hoja 2.

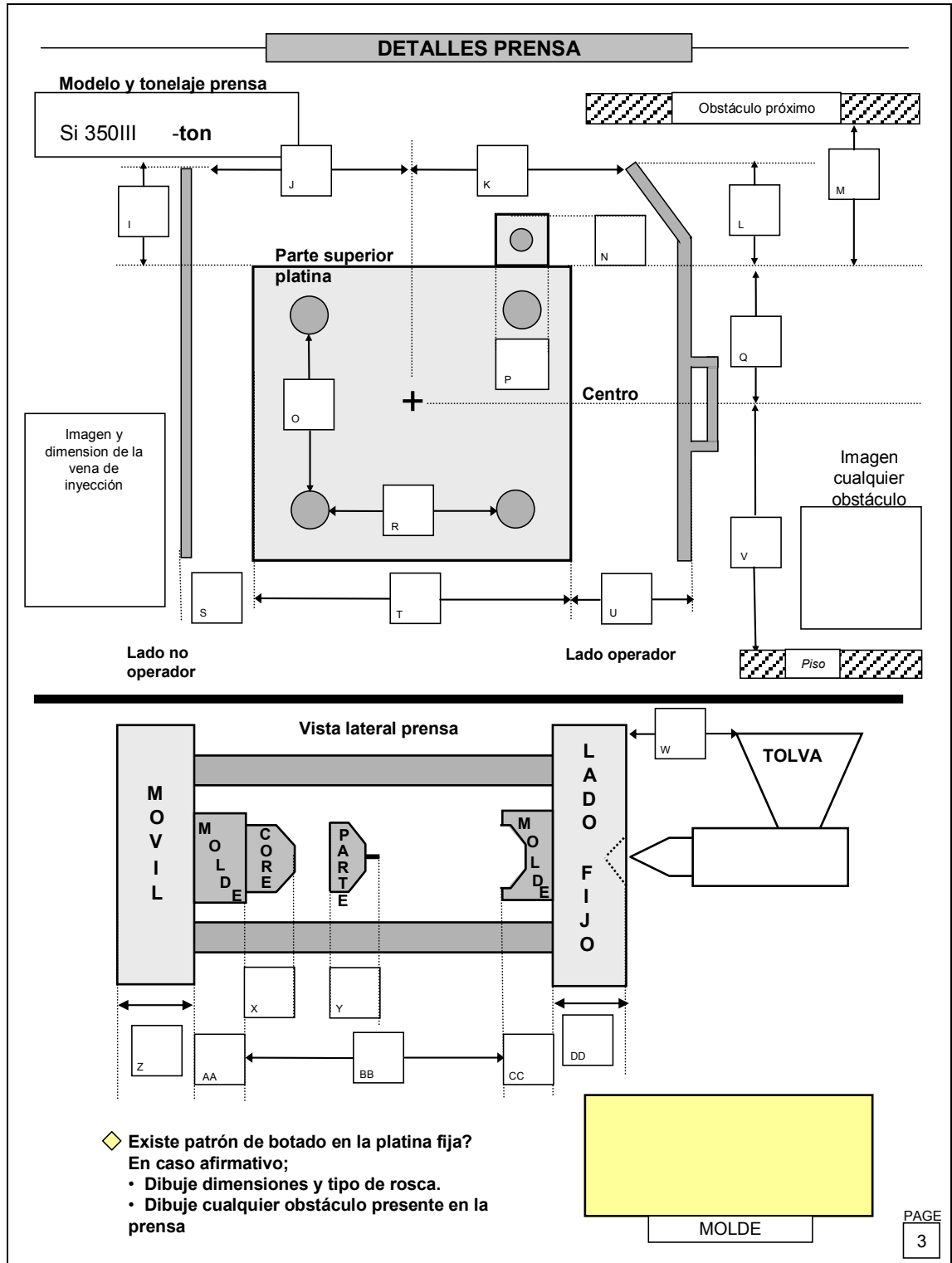


Fig. 4.2.3. Formato de proveedor hoja 3.



Posteriormente el proveedor toma de referencia las dimensiones de la máquina inyectora para determinar las distancias en la siguiente figura:

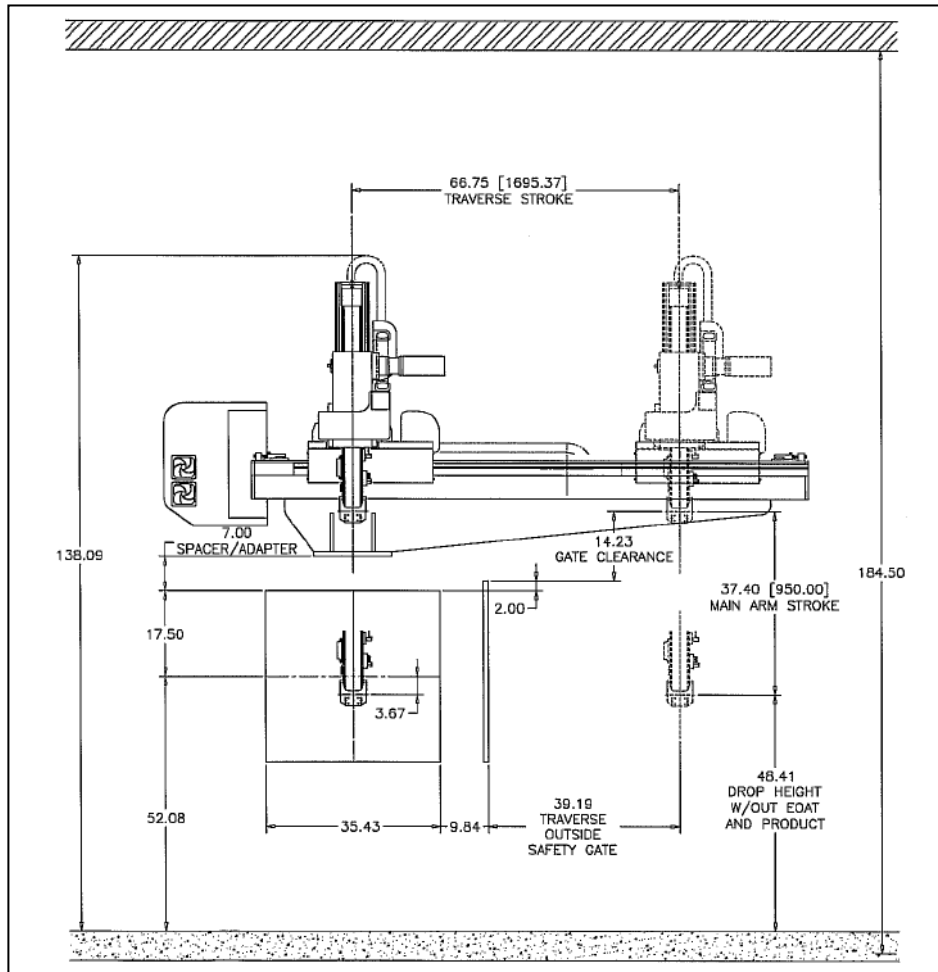


Fig. 4.2.4. Distancias de referencia para la operación del robot.

Esta información, se describe como sigue:

- 1.- El brazo principal tiene 14.23” libres para poder pasar sobre la puerta de la máquina.
- 2.- El brazo principal del robot puede desplazarse 3.67” debajo de la línea central de la platina de la máquina.

3.- El brazo principal se encontrará a una altura de 48.41” sobre el nivel del piso para poder depositar las piezas.

4.- El efector final de brazo que sea montado al robot tomando como referencia la parte superior del molde no debe sobrepasar 13.23”.

5.- La altura total del robot al estar montado en la máquina inyectora con respecto al piso será de 138.09”. Esto deja un espacio sobre el robot disponible de 46.41”.

6.- El robot se va a desplazar sobre el eje transversal 66.75”.

7.- La distancia del centro del brazo principal desde la puerta de la máquina a la posición donde el robot esta totalmente desplazado en el eje transversal es aproximadamente 39.19”.

8.- El obstáculo más próximo para el brazo principal del robot y el efector final de brazo se encuentra a 71.58”. (obstáculos incluye puerta de la máquina, barras, mangueras,etc).

9.- La distancia con respecto al piso hasta el centro de la platina es 52.08”.

10.- La distancia del centro de la platina hacia la parte superior de la misma es de 17.50”.

Finalmente con los datos anteriores, el equipo seleccionado es el siguiente:

Máquina Marca Toyo Alta Velocidad Si-350III.

Robot Yushin RAII-a-250 SL-HS3.0

### 4.3 Partes principales del robot seleccionado.

La configuración de este robot para el caso de la producción de vasos de plástico consiste en:

- Cuerpo del robot
- Caja de control
- Interface de comunicación
- Estación del operador
- Controlador

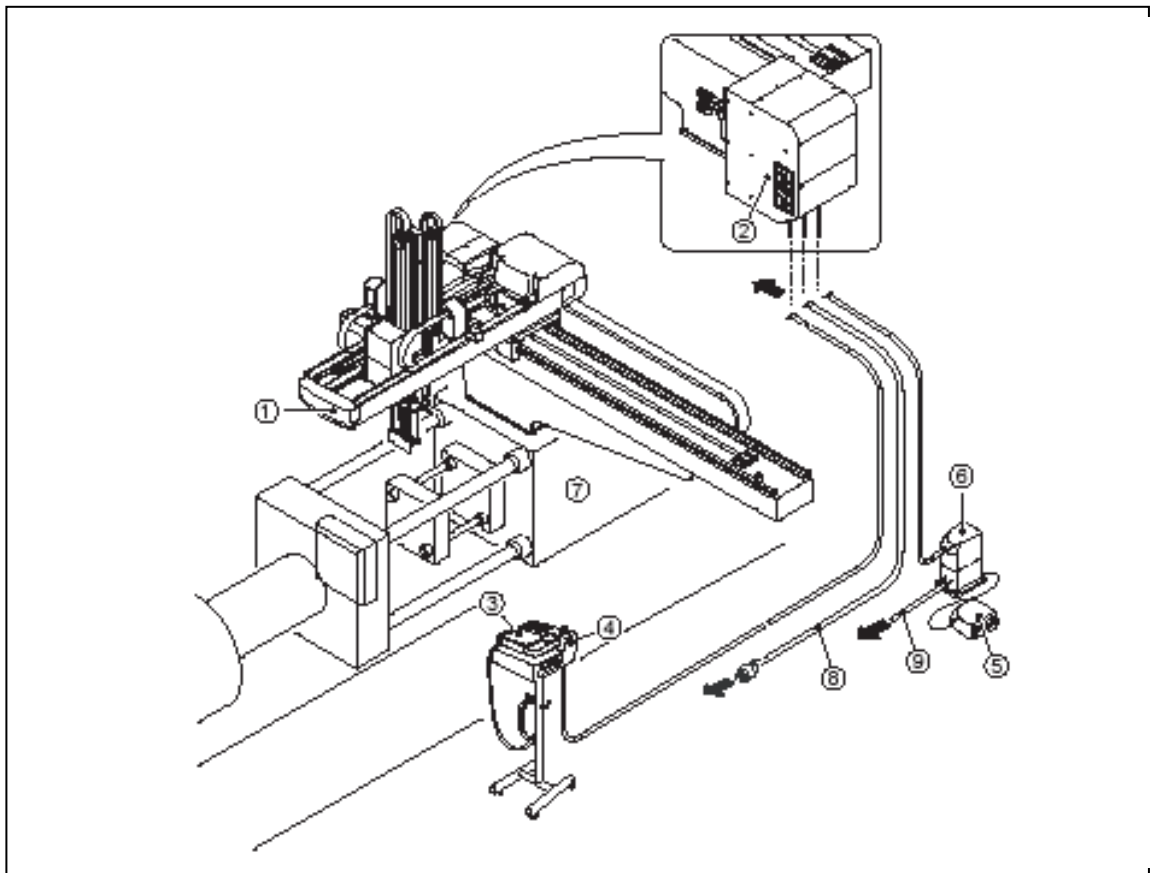


Fig.4.3.1 Ejemplo de configuración de robot para inyección de plásticos.

La siguiente tabla muestra los componentes mostrados en la fig. 4.3.1.

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Cuerpo del robot	6	Conector de interface
2	Caja de control	7	Máquina inyectora
3	Controlador	8	Cable de alimentación
4	Estación del operador	9	Cable de interface
5	Conector de aislamiento		

Tabla 4.3.1 Ejemplo de configuración de robot.

Las partes que conforman un robot se pueden clasificar en cuatro componentes básicos. El manipulador (brazo principal), el controlador, la alimentación de potencia y el efector final de brazo. El manipulador es el brazo del robot, el cual ejecuta los desplazamientos necesarios para realizar la operación de tomar la pieza(s). Los robots además pueden tener una articulación unida al final del brazo la cual permite al robot una orientación angular ( 0 – 90°) al manipular la pieza.

El controlador, lleva a cabo la tarea de realizar las operaciones complejas para el control de los movimientos del robot y lograr así la posición y velocidad adecuadas para que al final del brazo se realice la trayectoria programada.

La alimentación de potencia puede ser eléctrica o neumática dependiendo del robot en particular. Actualmente la mayoría de los robots que están siendo utilizados en la industria han introducido motores eléctricos o servomotores y en algunos casos se pueden encontrar robots híbridos.

El efector final del brazo esta unido a la muñeca del brazo y consiste en una herramienta adecuada para la aplicación requerida. Este puede ser un sujetador que se cierra al tomar las piezas, un porta herramienta para soldar, un destornillador automático u otro elemento.

En la figura 4.3.2 se muestra un ejemplo a detalle de la configuración del robot.

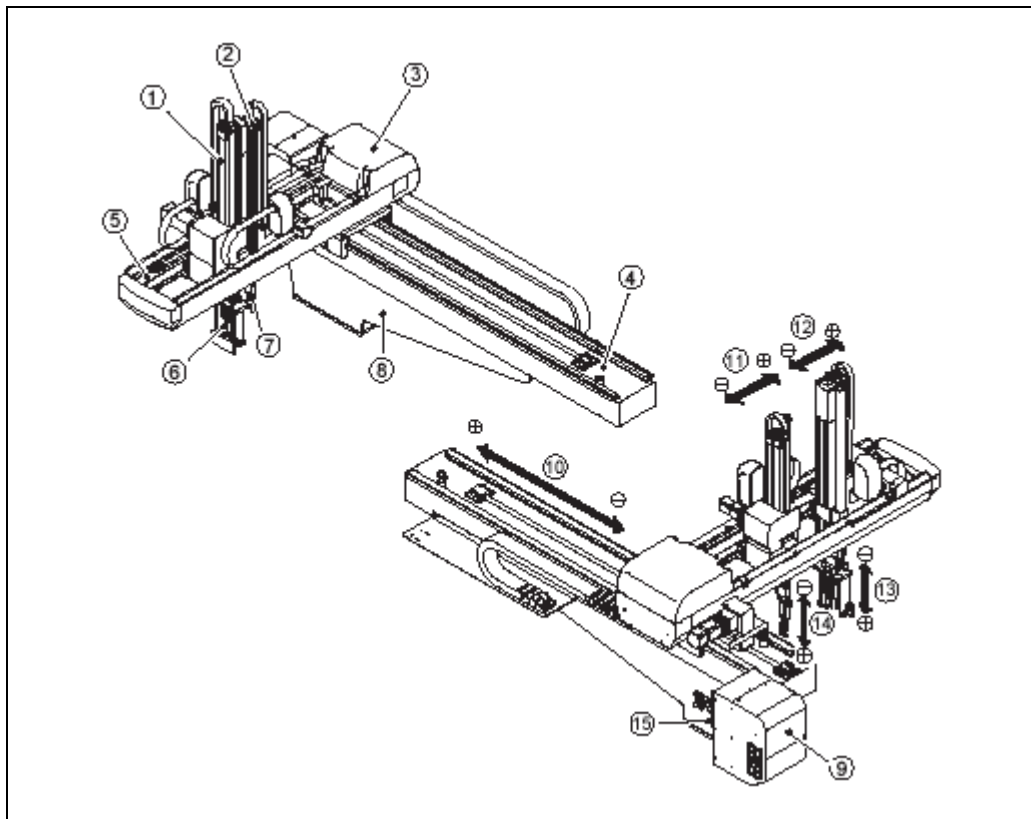


Fig 4.3.2 Configuración del cuerpo del robot y caja de control.

No.	Descripción	Función principal
1	Brazo principal	Levanta o desciende el elemento final de brazo
2	Brazo auxiliar	Levanta o desciende el sujetador de vena
3	Caja de conexiones	Salvaguarda las conexiones de Entradas/Salidas
4	Marco transversal	Marco para movimientos transversales eje Z
5	Marco de ejecución	Marco para movimientos de ejecución eje X
6	Cilindro eje auxiliar	Proporciona un ángulo $\pm 90^\circ$ al elemento final de brazo
7	Sujetador de vena	Sujeta la vena para retirarla de la pieza
8	Espaciador	Soporta el cuerpo del robot
9	Caja de control	Salvaguarda el servo controlador
10	Eje transversal	Eje transversal es también llamado eje Z
11	Brazo auxiliar eje de ejecución	Eje de ejecución es conocido como eje X
12	Brazo principal eje de ejecución	Eje de ejecución es conocido como eje X
13	Eje descenso brazo principal	Eje de descenso es conocido como eje Y
14	Eje descenso brazo auxiliar	Eje de descenso es conocido como eje Y
15	Unidad de filtro	

Tabla 4.3.2. Configuración del cuerpo del robot y caja de control.

#### 4.4 Zonas de Trabajo.

Un robot en una máquina inyectora debe colocarse en un ambiente seguro de trabajo. Es recomendable colocar guardas de seguridad alrededor de las áreas de movimiento del robot y sólo debe haber acceso permitido para operaciones de mantenimiento o ajustes de proceso por la gente capacitada para realizarlos.

Los sensores y límites físicos colocados en los 3 ejes de robot, delimitan la zona donde el robot puede trabajar libremente en modo automático.

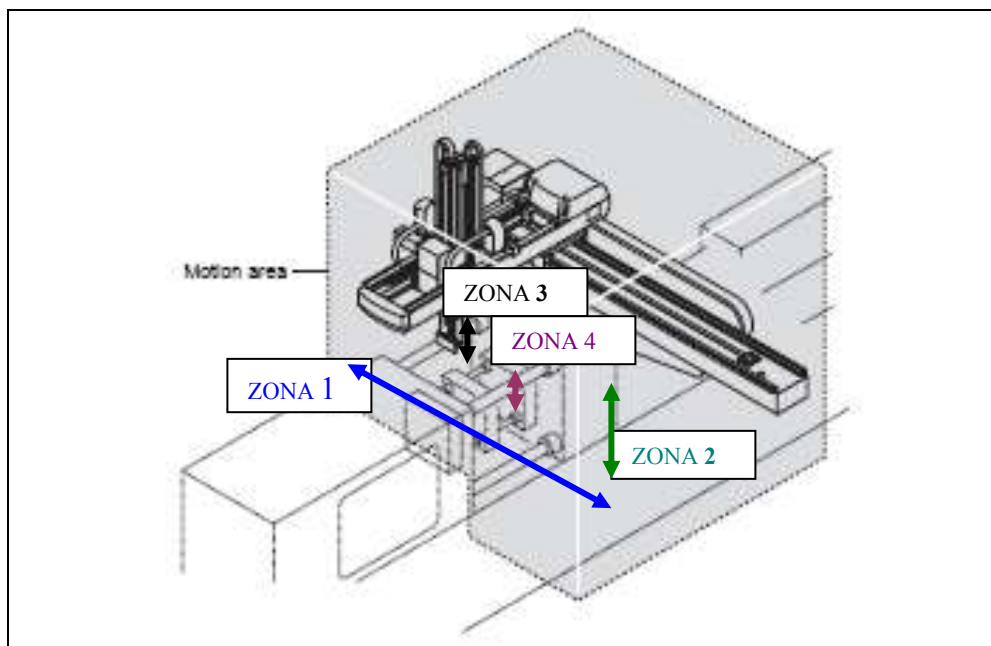


Fig. 4.4.1 Zonas de trabajo del robot

ZONA 1, *Brazo de robot en zona arriba*, en la cual el robot puede moverse cuando la máquina esta en movimiento. La posición del brazo del robot fue programada para que no interfiera con el área superior de la máquina.

ZONA 2, *Brazo de robot zona libre*, en la cual el robot puede descender cuando la máquina esta en movimiento. Esta posición es la que se utiliza para hacer cambios de herramienta para el efector final de brazo.

ZONA 3, *Robot fuera de la zona de molde*, en la cual el robot puede descender dentro de la prensa de la máquina inyectora aún si la señal de molde abierto no esta presente. En esta área el robot se encuentra sobre la superficie del molde en espera de su apertura.

ZONA 4, *Robot en el área de tomar la pieza*, en la cual el robot sólo puede descender si la señal de molde abierto esta presente. Un sensor de límite de seguridad es activado si la señal de molde abierto se pierde al momento que el robot se acerca al área donde va a tomar la pieza y ocurre un paro de emergencia.

#### 4.5 Señales de interfase entre el robot y la máquina inyectora.

La interfase es la definición de la información que es intercambiada entre el robot y la máquina inyectora. En la figura 4.5.1 se puede conocer en que consiste la interfase.

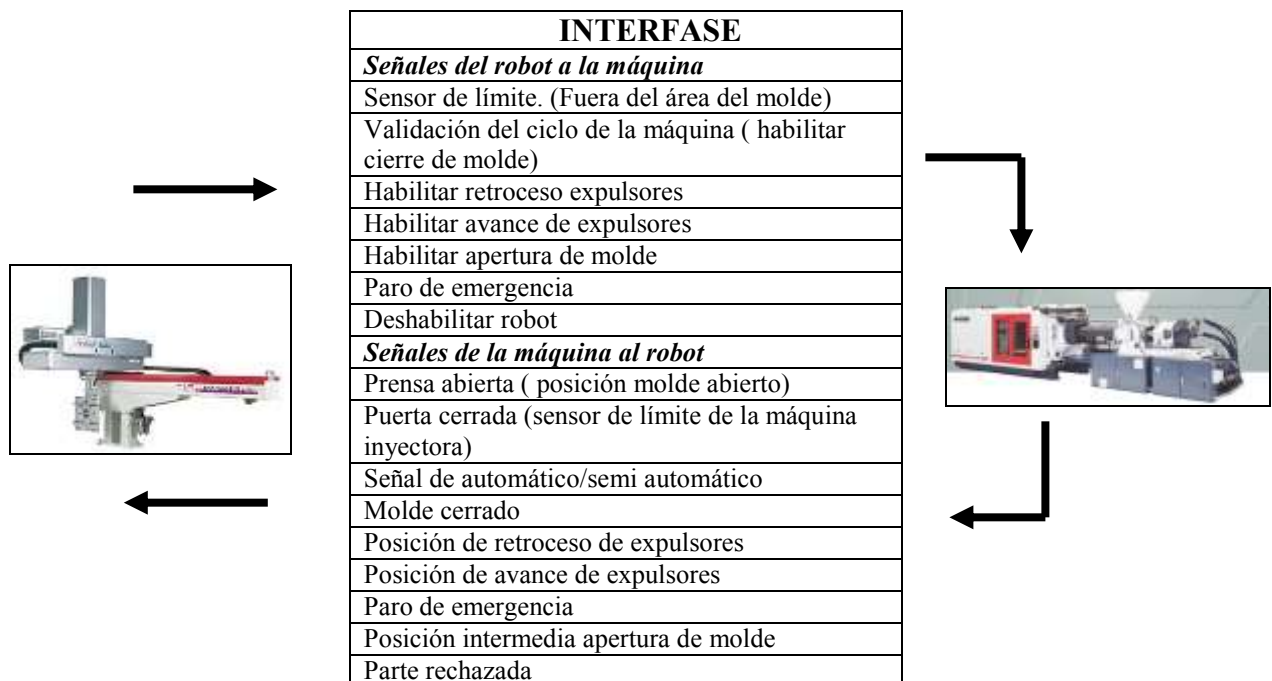


Fig. 4.5.1 Esquema de interface robot-máquina

En las siguientes tablas se describen las señales de entrada/salida utilizadas para la comunicación entre el robot y la máquina inyectora.

Señales de salida de la máquina inyectora hacia el robot	Descripción
Molde abierto	La señal está encendida cuando la máquina inyectora ha abierto totalmente el molde. Cuando esta señal esta encendida, el brazo del robot puede entrar al área del molde
Puerta cerrada	La señal esta encendida para indicar que las puertas de la máquina están cerradas. Al cumplirse esta condición el robot puede operar en ciclo automático.
Señal de ciclo automático de la máquina inyectora	La señal está encendida cuando la máquina inyectora inicia el ciclo en automático. Al cumplirse esta condición el robot puede operar en ciclo automático.
Rechazo	Esta señal se enciende cuando la máquina inyectora ha producido una pieza defectuosa durante el ciclo automático. Cuando esta señal se enciende, el robot se retira del área del molde y deja la pieza.

Tabla 4.5.2. Señales de interfase de salida de la máquina inyectora.

Señales de salida del robot hacia la máquina inyectora	Descripción
Molde cerrado	Esta es una señal de permiso para el movimiento de cierre de molde. Cuando esta señal esta encendida, la máquina inyectora puede realizar el cierre de molde.
Molde abierto	Esta es una señal de permiso para el movimiento de apertura de molde. Cuando esta señal esta encendida, la máquina inyectora puede realizar la apertura de molde.
Señal de expulsión	Esta es una señal de permiso para el movimiento de avance de los expulsores de la máquina inyectora.

Tabla 4.5.3. Señales de interfase de salida del robot.

Señal de salida desde equipos externos (bandas transportadoras, otros) hacia el robot	Descripción
Descender	Durante la operación automática del robot, cuando esta señal se presenta el robot descende y deja la pieza.

Tabla 4.5.4. Señales de interfase de salida de un equipo externo.



Señales de salida del robot hacia equipos externos	Descripción
Banda transportadora	Esta señal es un candado a la banda transportadora. La operación de la banda transportadora se habilita cuando la señal se enciende. En la auto-operación del robot, esta señal se apaga cuando el robot comienza a descender a la posición de referencia donde se va a depositar la pieza y se mantiene apagada hasta que el robot regresa a la posición de ascenso y posteriormente la señal enciende y da permiso a la banda transportadora a que avance.
Externa a otras aplicaciones	Durante la auto-operación del robot, la señal se enciende después del movimiento de depósito de la pieza
Almacenaje completo	Esta señal es encendida cuando un contenedor o tarima ha sido llenada con producto.

Tabla 4.5.5 Señales de salida del robot hacia un equipo externo.

#### 4.6 Ejemplo de rutina de un ciclo de robot.

El ciclo que se describe a continuación es un ejemplo de una aplicación en una inyectora en la cual una pieza inyectada es retirada del molde y colocada en una banda transportadora.

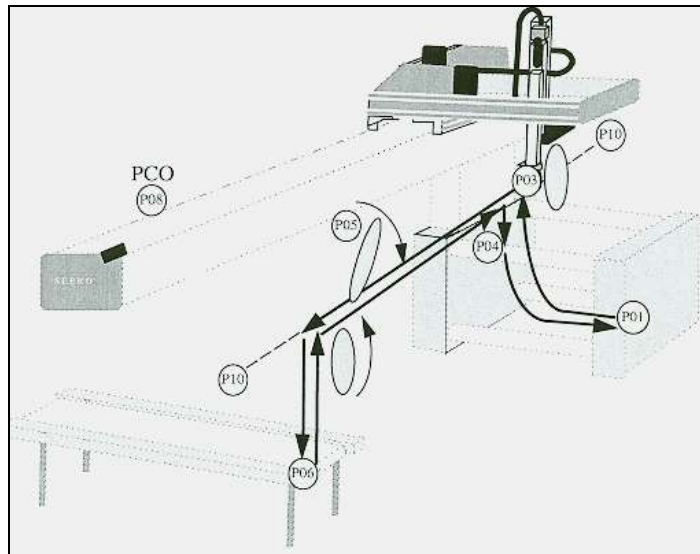


Fig. 4.6.2 Ejemplo de rutina de un robot.

En la siguiente tabla se muestra la secuencia descrita en la Figura 4.6.2.  
(ver nomenclatura).

<b>CICLO</b>	
<b>Secuencias principales</b>	<b>Acciones y movimientos</b>
Condiciones iniciales para arranque de ciclo	-Pieza liberada en banda transportadora -Movimiento ascendente en eje vertical (P10) -Posición del efector final vertical
Iniciar ciclo de la máquina inyectora y esperar señal de molde abierto	- Posición X-Y sobre el molde en la máquina inyectora listo para descender. (P04). - El ciclo de la inyectora es iniciado y la señal de expulsor retrocedido es validada. -Posición en Z (P04) permaneciendo en área fuera del molde. -Esperando señal de molde abierto.
La pieza es tomada del molde y la máquina inyectora reinicia su secuencia de ciclo.	- Z desciende a posición dentro del molde (P01). - Y se mueve a la posición de tomar pieza (P01). - Expulsores avanzan hasta su posición prefijada.  - La pieza es tomada del molde. - Y retrocede de posición para retirar la pieza y a su vez los expulsos se retiran hacia atrás. (P03) - Z sale fuera de la zona del molde al momento que Y retrocede. (P03) - El ciclo de la máquina es reiniciado durante el ascenso del robot.
La pieza es depositada en una banda transportadora.	- X-Y referenciados en la posición de movimiento de efector final. (P05) - Efector final en posición horizontal. - X-Y referenciados en la posición sobre la banda transportadora. (P06) - Z La pieza es depositada sobre la banda transportadora. (P06) - Tiempo de espera. - Z asciende completamente. (P10) - Efector final en posición vertical.
Secuencia banda transportadora	- Banda transportadora avanza después de segundos.

Tabla 4.6.1 Ejemplo rutina ciclo de robot.

El ciclo descrito anteriormente es básicamente la base para la programación de la rutina de la celda para la fabricación de los vasos de plástico.

## 4.7 Determinación del Efector final.

La herramienta final de brazo o efector final de brazo la mayoría de las veces es determinada por el mismo fabricante del robot. En este caso, el proveedor Yushin Inc. se encargó de desarrollar la herramienta adecuada para la remoción de los vasos dentro del molde, tomando en cuenta las características del producto, peso de las piezas y número de cavidades.

La herramienta final de brazo propuesta (Fig. 4.7.1), consiste en una placa de material plástico rígido conocido como nylamid, con seis cuerpos circulares que tienen al centro una ventosa. La finalidad de esta herramienta es tomar los seis vasos y extraerlos de la cavidad del molde por medio del vacío que se genera con las ventosas.

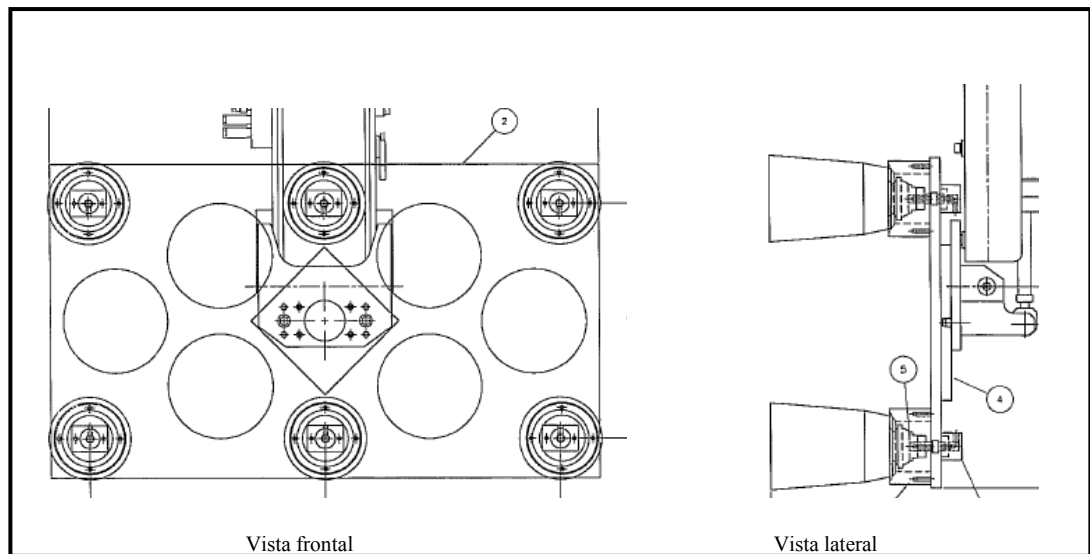


Fig. 4.7.1 Herramienta final de brazo para vasos de plástico.

# CAPÍTULO V

## INTEGRACIÓN DEL EQUIPO PARA LA CELDA DE INYECCIÓN.

### **5.1. Instalación de la máquina inyectora.**

Para la instalación de la nueva inyectora, en una descripción general, en la planta se realiza la preparación eléctrica, neumática e hidráulica necesaria para la máquina. La máquina inyectora es recibida y colocada por una cuadrilla de personal encargado de adaptar la máquina a las instalaciones de la planta. Además de su instalación, es necesario realizar la nivelación con respecto al piso de la máquina y la alineación entre la unidad de la prensa y la unidad de inyección.

Posteriormente, el proveedor de la máquina, envía su personal técnico para el arranque, calibración y ajuste final para que la máquina se encuentre lista para operación.

### **5.2. Integración del robot a la máquina inyectora.**

Algunas máquinas inyectoras en la platina fija cuentan con orificios roscados para el montaje de robots. Normalmente es importante proporcionarle al fabricante del robot las dimensiones y número de orificios que se tienen en la máquina para que sea tomado en cuenta a la hora de fabricar el espaciador en el cual se adaptara el robot.

La siguiente figura 5.2.1 muestra el esquemático de la vista superior de la máquina inyectora.

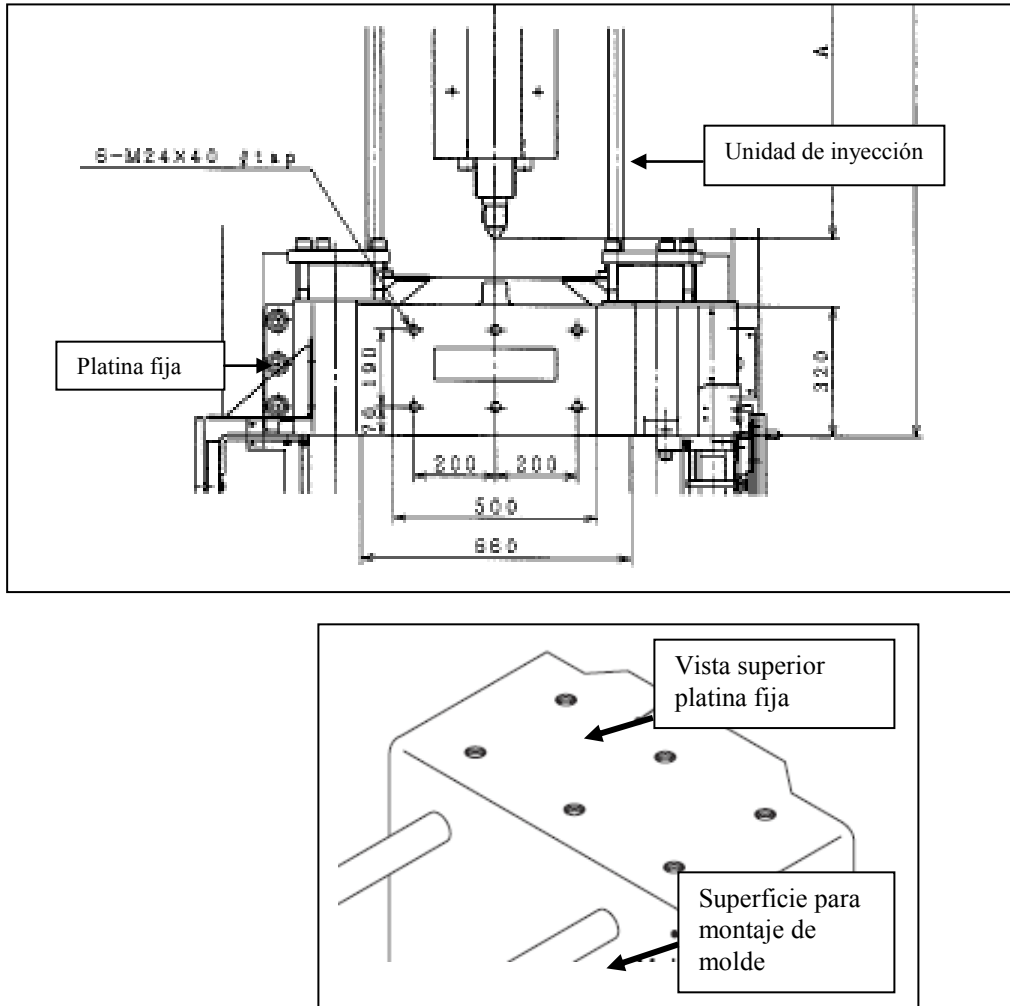
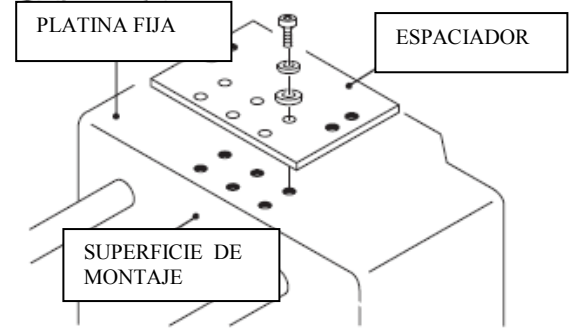
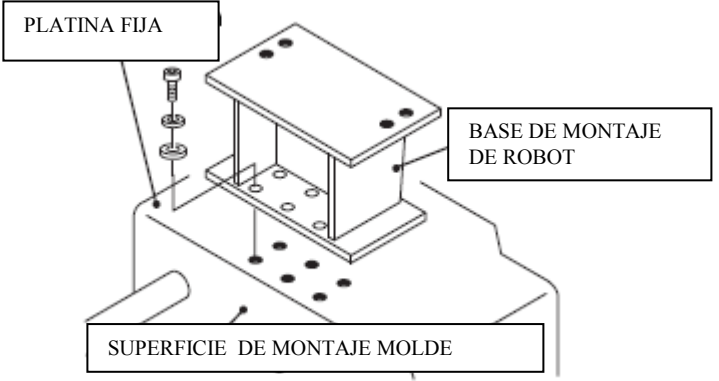
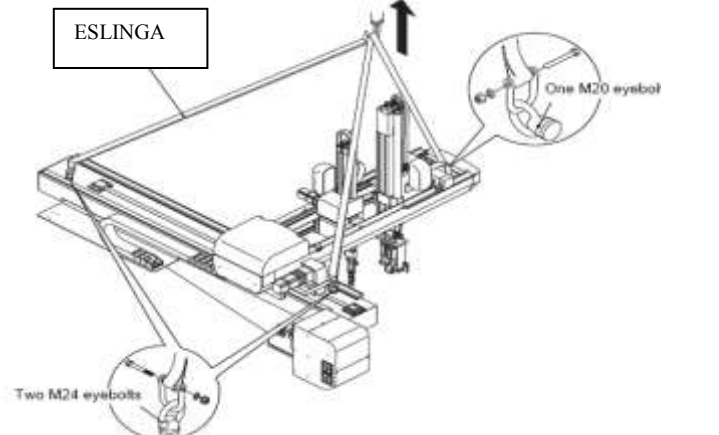
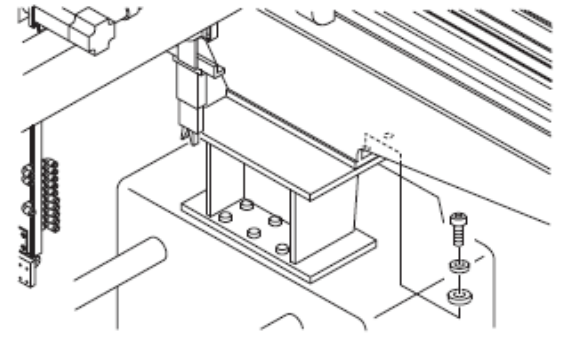


Fig. 5.2.1 Platina superior con preparación para montaje de robot.

### 5.3 Instalación del robot en la platina fija de la máquina inyectora.

En esta sección se muestra en forma breve como se lleva a cabo la integración del robot en la máquina inyectora. La Tabla 5.3.1 resume los pasos básicos para la instalación del robot.

<p>1.- Se realiza la instalación del espaciador en la platina fija de la máquina.</p> <p>El espaciador es un accesorio opcional para cuando la altura de la base de montaje de robot no es suficiente para compensar la distancia de la herramienta final de brazo al centro del área de molde.</p>	
<p>2.- Se realiza la instalación de la base de montaje del robot a la máquina inyectora.</p>	
<p>3.- Se continúa con suspender el robot con ayuda de dos eslingas y una grúa para de esta manera llevarlo hasta su base de montaje la cual ya se encuentra instalada sobre la platina fija de la máquina. El fabricante proporciona tres puntos de equilibrio donde se colocan agarraderas tipo ojo.</p>	
<p>4.- Se instala el robot sobre la base de montaje. Apretando los tornillos con su guasa y guasa de presión al torque indicado por el fabricante.</p>	

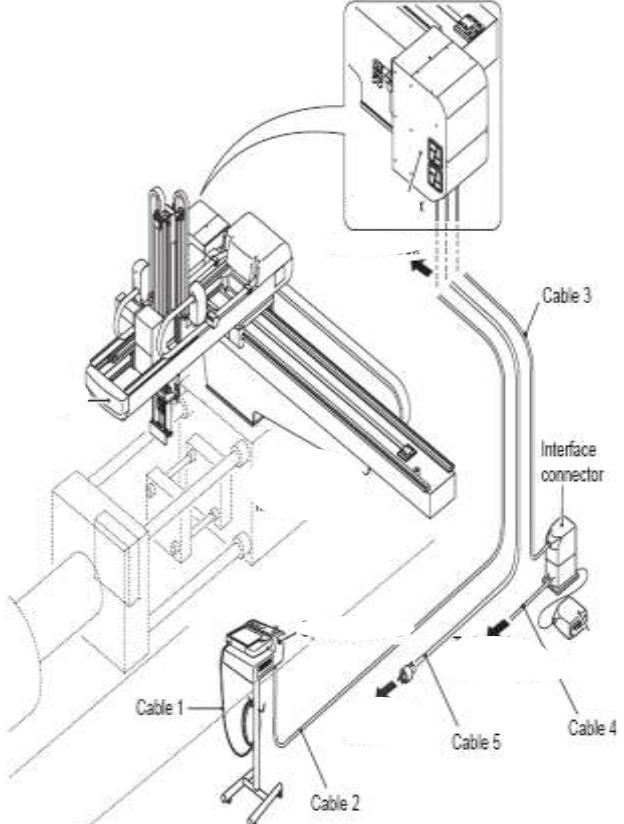
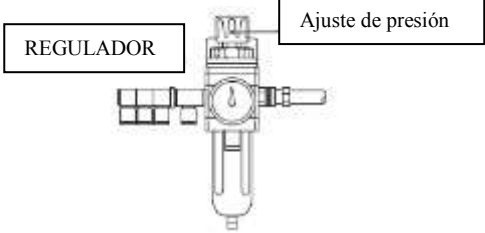
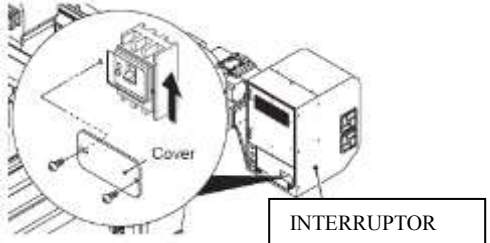
<p>5.- Una vez instalado el robot sobre la máquina inyectora se realiza la conexión eléctrica con la máquina inyectora y con el control de operación del robot. Ver tabla:</p> <table border="1" data-bbox="300 373 695 577"> <tr> <td>Cable 1</td> <td>Control de operador</td> </tr> <tr> <td>Cable 2</td> <td>Interface del control del robot a la estación del operador</td> </tr> <tr> <td>Cable 3</td> <td>Interface del control del robot a la máquina inyectora</td> </tr> <tr> <td>Cable 4</td> <td>Control máquina inyectora</td> </tr> <tr> <td>Cable 5</td> <td>Alimentación de voltaje</td> </tr> </table>	Cable 1	Control de operador	Cable 2	Interface del control del robot a la estación del operador	Cable 3	Interface del control del robot a la máquina inyectora	Cable 4	Control máquina inyectora	Cable 5	Alimentación de voltaje	
Cable 1	Control de operador										
Cable 2	Interface del control del robot a la estación del operador										
Cable 3	Interface del control del robot a la máquina inyectora										
Cable 4	Control máquina inyectora										
Cable 5	Alimentación de voltaje										
<p>6.- Como siguiente paso, se habilita la alimentación neumática al robot la cual es necesaria para los giros del herramienta y la succión para los sujetadores mecánicos y/o ventosas.</p>											
<p>7.- Por último una vez realizado todo lo anterior, se procede a energizar el robot desde su caja de control.</p>											

Tabla 5.3.1. Pasos básicos para la instalación de un robot.

## 5.4 Revisión de la operación del robot.

Una vez instalado el robot, se procede a realizar una revisión de lista del robot.

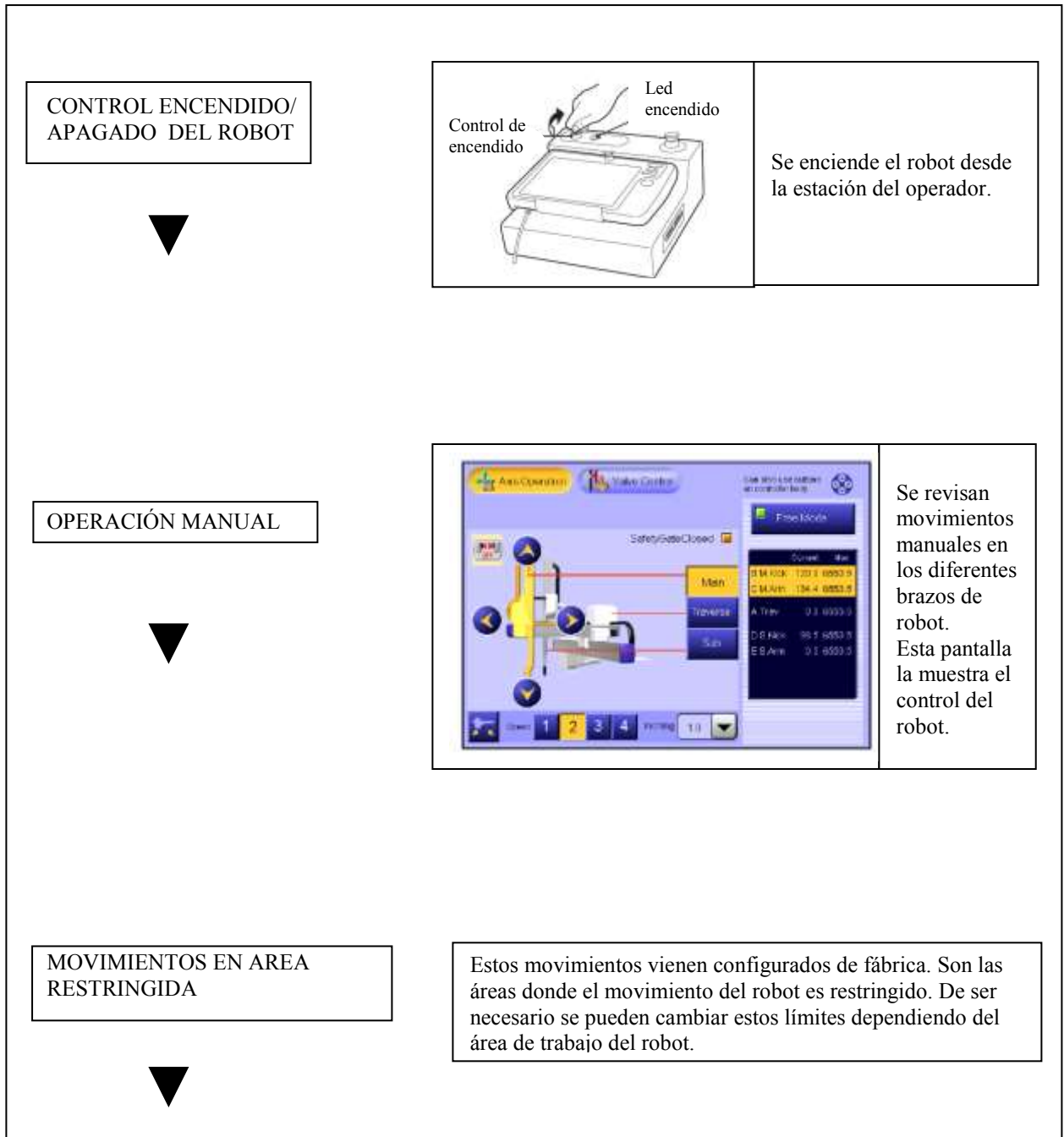


Fig. 5.4.1 Revisión de la operación del robot.



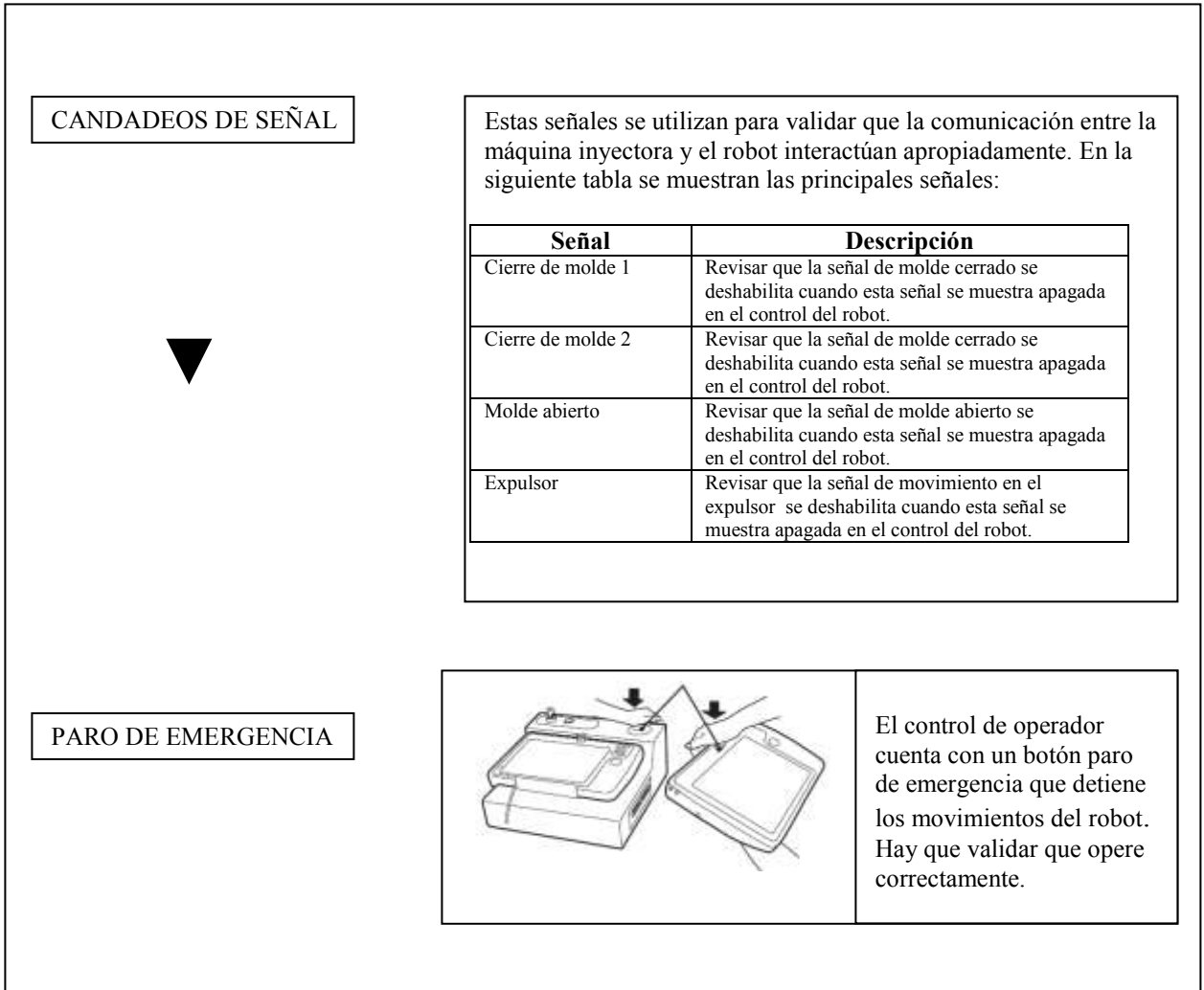
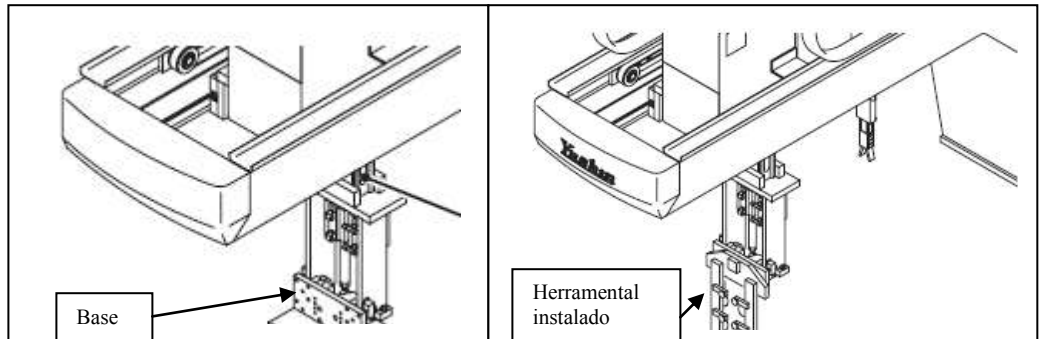


Fig. 5.4.1 Revisión de la operación del robot.

En esta sección se describió de manera breve la revisión de rutina que se realiza al robot al ser instalado en la máquina inyectora. Esta revisión ayuda a validar que las conexiones de las interfases entre la máquina inyectora y el robot operan correctamente. En el Capítulo IV se describió las diferentes señales que interactúan en la interface robot-máquina inyectora.

## 5.5 Instalación del efector final de brazo en el robot.

Para la instalación del efector final de brazo solo es necesario colocarla en la base que tiene el robot en su brazo principal. Ver figura 5.5.1.



Fin:   
inyectora,   
de la celda de inyección con la máquina   
or seguridad para el personal operativo , se   
instala una guarda en el área de operación del robot.



Fig. 5.5.2 Celda de operación.

## 5.6 Programación del ciclo del robot.

En el capítulo IV se mencionan las diferentes señales de interfase entre máquina inyectora y robot, así como también las áreas de trabajo y un ejemplo del ciclo de trabajo de los robots en moldeo por inyección. A continuación mencionaremos los pasos a seguir en la programación de un ciclo para el caso del robot utilizado en el ejemplo de esta tesis.

- **Paso 1: Identificación del producto.**

Nombre del producto, número de molde.

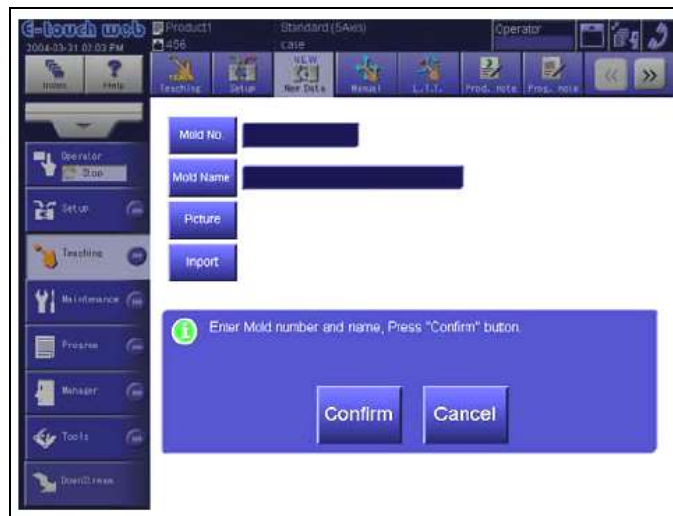


Fig. 5.6.1 Identificación del producto.

- **Paso 2: Modo de operación.**

Selección de los patrones básicos de operación.

- 1) Modo descenso: Se determina si la orientación del robot es hacia el lado fijo o hacia el lado móvil.



Fig. 5.6.2 Modo de operación.

## 2) Area de puerta de máquina.

La selección de este movimiento va a determinar si el efector final de brazo es rotado 90° para no tener interferencia con la puerta de la máquina.



Fig. 5.6.3 Rotación efector final.

## 3) Selección de brazo del robot.

Se programa si el brazo principal y/o brazo auxiliar van a intervenir en la operación de la pieza. El brazo principal es el que tiene instalado el efector final de brazo, el brazo auxiliar se utiliza cuando se va a requerir del accesorio para retirar la vena de inyección.

Efector final y retirar vena	Solo efector final	Solo retirar vena

Fig.5.6.4 Selección brazo de robot.

## 4) Modo de sujeción de la pieza.

Se determina si la pieza va a ser tomada por el robot por medio de ventosas (método de succión), sujetadores mecánicos (método de sujeción) o la combinación de ambos.

5) Señal de candado del expulsor.

En este paso se va a determinar como se va a controlar la señal de movimiento del expulsor en la máquina inyectora.

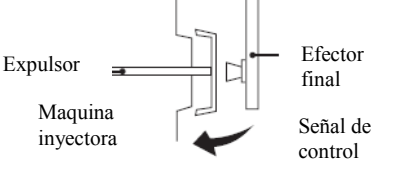
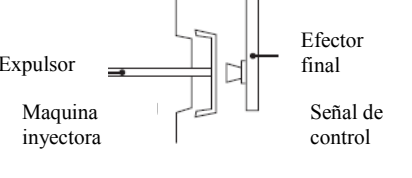
Candaneo con el ciclo de robot.	No candaneo con el ciclo de robot.
	
<p>La señal de control es enviada del robot a la máquina inyectora para activar el movimiento del expulsor en la máquina.</p>	<p>El tiempo del movimiento del expulsor es controlado por la máquina inyectora.</p>

Fig. 5.6.5 Señal del expulsor.

6) Liberación de la pieza.

Se programa si en la liberación de la pieza se va a realizar algún giro para depositarla.

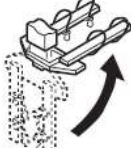
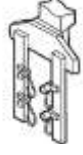
CON GIRO	SIN GIRO
	

Fig.5.6.6. Liberación de la pieza.

▪ **Paso 3: Posicionamiento.**

Una vez que se define la rutina que va a seguir el robot para tomar la pieza(s) de la máquina, se establecen las posiciones en las cuales el robot se va a detener al finalizar los distintos movimientos de la secuencia de operación.

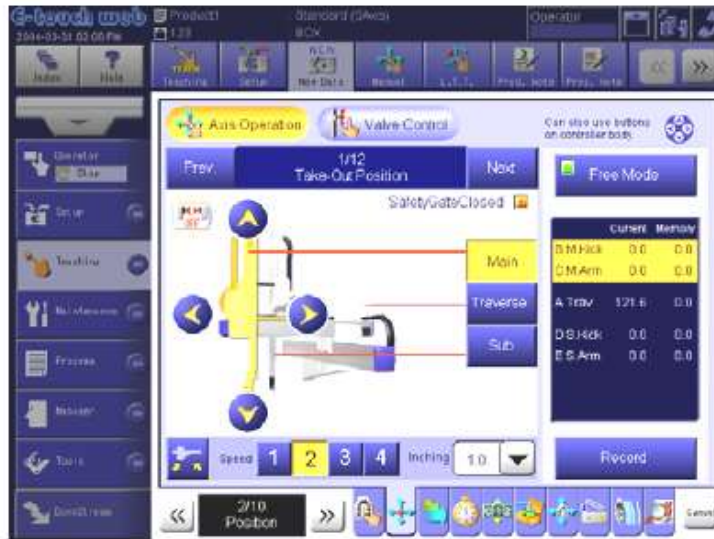


Fig.5.6.7. Posicionamiento de robot.

- **Paso 4: Velocidades.**

Se establecen las velocidades a las cuales el robot va a ejecutar las distintas posiciones establecidas. Se utiliza la letra S como prefijo para identificar el parámetro de velocidad.



Fig. 5.6.8. Velocidades.

- **Paso 5: Tiempos.**

Se establecen los retardos para sincronizar los movimientos entre el robot, la máquina inyectora, y la liberación de la pieza.

Se utiliza la letra T como prefijo para identificar los valores de tiempo.



Fig.5.6.9 Tiempos.

- **Paso 6: Contador (Opcional).**

Contadores de piezas. Esta opción se utiliza cuando se requiere contabilizar las piezas depositadas por el robot.

- **Paso 7: Distribución**

Se realizan secuencias de distribución de las piezas según sea requerido. En esta opción se puede programar la posición de la distribución de las piezas y el número de piezas que se requieran estibar en cada posición.



Fig. 5.6.10 Distribución.

- **Paso 8: Posición cambio de herramienta.**

Se establece la posición en la que el robot se coloca para realizar el cambio físico del efector final de brazo.



Fig.5.6.11 Posición cambio de herramienta.



- **Paso 9: Detección.**

El robot puede detectar cuando el efector final de brazo ha tomado o no ha tomado una pieza. Cuando el robot no toma la pieza en la secuencia correspondiente cuando trabaja por detección de succión o sujeción , un sensor lo detecta y genera un mensaje de error.



Fig. 5.6.12 Detección.

- **Paso 10: Carga de operación.**

Se establece el peso del efector final y las piezas para que se pueda habilitar la función de prevención de vibración.



Fig.5.6.13. Carga de operación.

## **5.7 Programa final de operación.**

El programa de operación del robot para la aplicación de los vasos de plástico, sigue la siguiente secuencia:

1. Desciende en el lado móvil del molde para tomar las piezas.
2. No se realiza giro de 90° para pasar sobre la puerta de la máquina.
3. Solo se utiliza el brazo principal que tiene el efector final de brazo.
4. El método de succión es por medio de ventosas.
5. La señal del expulsor es controlada por el ciclo del robot.
6. Para liberar la pieza sobre una banda transportadora se realiza con giro de 90°.
7. Se tiene una secuencia de distribución de estiba de 25 vasos.
8. La banda transportadora avanza después de que se cumple la condición de estiba.

# CAPÍTULO VI

## RESULTADOS DE LA OPERACIÓN

### 6.1 Comparación de los resultados.

En la tabla 6.1.1 se muestran los datos considerados al inicio del proyecto en el apartado de **cotizado** y se muestra el ciclo promedio que se tenía en la operación antes de la integración del nuevo equipo.

Máquina	Condición	Mano de obra	Ciclo seg	Rechazo %	Producción Diaria	Producción 24/6
Inyectora 300 Ton	<b>COTIZADO</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>103,680</b>	<b>622,080</b>
	CELDA CICLO PROMEDIO	4	6.4	3	81,000	486,000

Tabla 6.1.1 Condiciones al inicio del proyecto.

Con la integración del robot en la celda y la adquisición de la máquina inyectora de alta velocidad, la demanda de producción de los vasos de plástico se mantiene constante y en promedio se producen más de 2,000,000 de unidades por mes.

En la tabla 6.1.2 se muestran rangos de trabajo del ciclo de la máquina alta velocidad en conjunto con el robot, donde se registran ciclos entre 4.9 y 5.5 segundos, lo que significa que se ha establecido un proceso de inyección para la producción de vasos de plástico que a su vez se mejora para reducir el tiempo total del ciclo sin afectar las características del producto. En este caso, el ciclo que se tiene como objetivo mantener

es el cercano a 4.9 segundos. Finalmente se muestran valores de reducción del ciclo de 0.9 a 1.4 segundos.

Máquina	Condición	Mano de obra	Ciclo seg	Rechazo %	Producción Diaria	Producción 24/6
Inyectora 350 Ton Alta velocidad con Robot	CELDA CICLO ACTUAL	1	5.5	0.5	92,254	553,524
		1	5.3	0.5	97,811	586,866
		<b>1</b>	<b>5.0</b>	<b>0.5</b>	<b>103,680</b>	<b>622,080</b>
		1	4.9	0.5	105,795	634,770

Tabla 6.1.2. Resultados obtenidos en la implementación.

Cabe mencionar que la mejora continua en obtener un menor ciclo se logra siempre y cuando las condiciones de operación en conjunto como material, molde, máquina, robot y operador no presenten alguna condición que limite los resultados y que se pueda cumplir con las especificaciones del producto final tales como dimensiones, características estéticas y funcionales.

A su vez, se obtienen mejoras en los niveles de producción en un 112% y se logra reducir el número de operadores a un solo operador para realizar la recepción de vasos y empaque del producto.



Fig 6.1.3 Celda actual con un solo operador.

En la imagen 6.1.4 se puede apreciar que la operación de recibir los vasos por caída libre se elimina totalmente, esto se logró con la programación del robot de realizar la estiba de 25 vasos en cada columna por cada cavidad del molde.

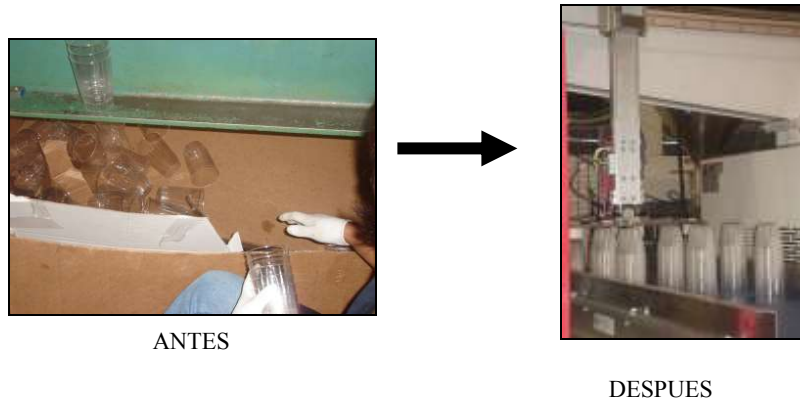


Fig. 6.1.4. Operación de recepción de vasos.

En conjunto con la banda transportadora se obtiene una operación ordenada y eficiente ya que la banda transportadora sólo avanza después de que se ha cumplido la condición de la estiba, esto da mucho más tiempo al operador de organizar su material de empaque.

## 6.2. Tiempo Muerto de operación.

La incidencia en paros de operación por ineficiencia del equipo se eliminó. Actualmente los paros que se realizan son por arranque del equipo en el inicio de operaciones cada semana y algunos por mantenimiento preventivo al molde y máquina inyectora.

## 6.3 Niveles de rechazo.

Los niveles de rechazo se redujeron de un 3% a un 0.5%. Esto se obtuvo al eliminarse la operación de caída libre de los vasos y el rechazo de las piezas utilizadas por los arranques de máquina ocasionados por los paros continuos del equipo.

## 6.4 Indicadores.

Para comparar los resultados obtenidos, tomemos como referencia la situación que se presentaba antes de la implementación en 2005. ( Del Capítulo I). En este caso tomamos la información de la tendencia de un mes para un ciclo promedio de 6.4 secs.

<b>Semana Ciclo 6.4 seg</b>	<b>Piezas aceptadas</b>	<b>Piezas rechazadas</b>	<b>Total piezas producidas</b>	<b>Total piezas no producidas</b>	<b>Porcentaje rechazo</b>	<b>Tiempo muerto</b>
1	43,871	747	45,391	35,609	3.29	10.55
2	51,714	657	52,979	28,021	2.5	8.3
3	50,733	1,184	52,923	28,077	4.4	8.32
4	50,443	964	52,324	28,676	3.66	8.5
<b>x SEMANA</b>	<b>49,190</b>	<b>888</b>	<b>50,904</b>	<b>30,096</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>MES</b>	<b>1,180,566</b>	<b>21,312</b>	<b>1,221,702</b>	<b>722,298</b>	<b>3.00</b>	<b>214</b>

Tabla 6.4.1 Resultados promedio ciclo 6.4 segundos.

En la siguiente tabla se analizan los resultados que se obtienen promedio para un ciclo de 4.91 segundos después de la implementación en 2006. Tabla 7.4.1.

<b>Semana Ciclo 4.91 seg</b>	<b>Piezas aceptadas</b>	<b>Piezas rechazadas</b>	<b>Total piezas producidas</b>	<b>Total piezas no producidas</b>	<b>Porcentaje rechazo</b>	<b>Tiempo muerto</b>
1	103,005	225	103,230	2,332	0.22	0.53
2	105,475	105	105,580	0	0.10	0
3	105,499	81	105,580	0	0.08	0
4	104,304	60	104,364	1,188	0.06	0.27
5	104,301	128	104,429	1,144	0.12	0.26
6	103,486	246	103,732	1,848	0.24	0.42
<b>Promedio Diario.</b>	<b>104,345</b>	<b>141</b>	<b>104,486</b>	<b>1,085</b>	<b>0.14</b>	<b>0.25</b>
<b>Promedio Semanal</b>	<b>626,070</b>	<b>845</b>	<b>626,915</b>	<b>6,511</b>	<b>0.12</b>	<b>1.48</b>
<b>Promedio Mensual</b>	<b>2,504,280</b>	<b>3,382</b>	<b>2,507,662</b>	<b>26,043</b>	<b>0.13</b>	<b>5.92</b>

Tabla 6.4.2. Resultados promedio ciclo 4.91 secs.

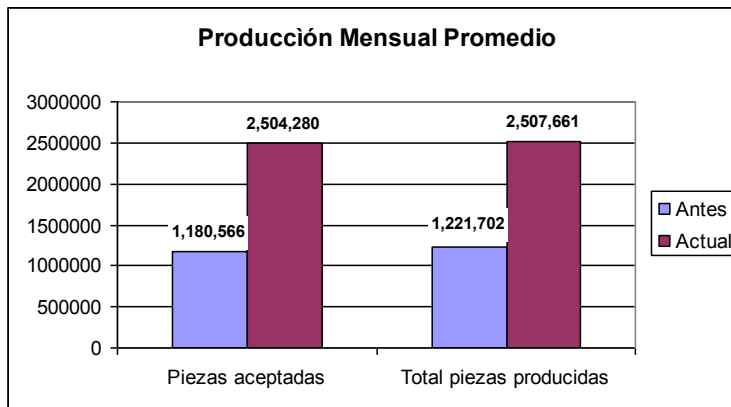
En base a los resultados anteriores, se revisaron las tendencias en los siguientes seis meses de operación del equipo y los resultados los podemos observar en la siguiente tabla. Tabla 6.4.3.

MESES 2006	Piezas producidas	Piezas rechazadas	Total piezas producidas	Total piezas no producidas	Porcentaje rechazo	Tiempo muerto	CICLO
JULIO	2,485,370	3,756	2,489,126	34,525	0.151	7.88	4.93
AGOSTO	2,412,147	6,062	2,418,209	62,668	0.251	14.55	5.015
SEPTIEMBRE	2,444,758	9,206	2,453,964	0	0.375	54.94	5.07
OCTUBRE	1,908,636	20,508	1,929,144	461,173	1.063	111.13	5.205
NOVIEMBRE	2,106,934	10,528	2,117,462	296,508	0.497	70.75	5.154
DICIEMBRE	2,063,100	15,607	2,078,707	352,480	0.751	83.51	5.1175
<b>Promedio Semestral</b>	<b>2,236,824</b>	<b>10,945</b>	<b>2,247,769</b>	<b>201,226</b>	<b>0.487</b>	<b>57</b>	<b>5.08</b>

Tabla 6.4.3. Resultados de seis meses de operación.

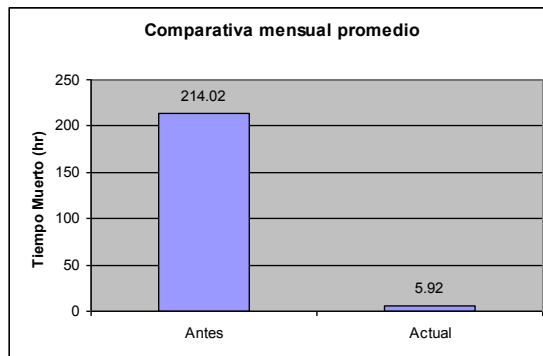
En base a las tablas mostradas anteriormente, las siguientes gráficas nos muestran de una manera más clara las tendencias.

La comparativa de la producción de un mes es la siguiente:



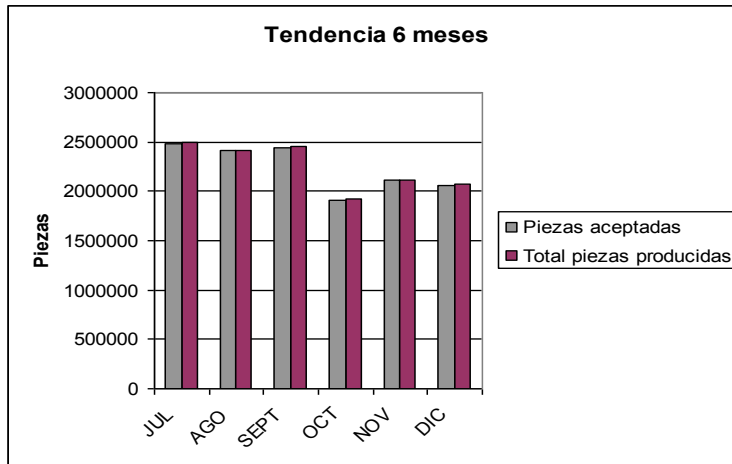
Gráfica 6.4.a. Producción mensual promedio

El tiempo actual comparado con el tiempo muerto anterior se redujo en un 97%.



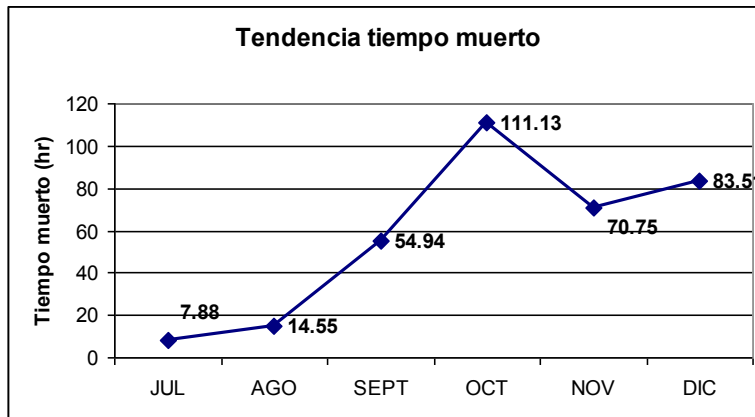
Gráfica 6.4.b. Tiempo muerto mensual

En la tendencia de seis meses, se puede observar que las cantidad de piezas producidas es muy cercana a la cantidad de piezas aceptadas, esto nos refleja una disminución considerable en los niveles de rechazo.



Gráfica 6.4.c.  
Producción de seis meses

Finalmente observemos la tendencia en los tiempos muertos de seis meses de operación,



Gráfica 6.4.d.  
Tendencia tiempo muerto en seis meses.



# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los resultados en el capítulo VI nos muestran que aún se tiene mucha oportunidad de mejora en las actividades de operación ya que aunque se tuvo un incremento en los niveles de producción de hasta un 112% y la reducción de los operarios involucrados de cuatro a un solo operario, aún se presentan horas de tiempo muerto. Este paso será una etapa más a analizar para poder determinar donde se tiene la merma de tiempo efectivo y poder elevar los niveles de producción.

Una recomendación es que la compañía estudie sus procedimientos de operación para detectar actividades que simplifiquen tiempo y recursos. La aplicación de metodologías como Manufactura esbelta, capacitación constante al personal en sus procedimientos ayudan a mantener y simplificar operaciones. En algunos casos va combinada la inversión económica para complementar acciones de mejora, como el caso que se expuso en esta tesis.

Para los tiempos muertos que aún se presentan en la celda actual, otra recomendación es que se tenga en cuenta cuanto tiempo es consumido por los mantenimientos preventivos de maquinaria, mantenimiento preventivo del molde y equipos periféricos y mantenimientos correctivos. Algunas veces mermas en la operación son causadas por falta de materia prima, material de empaque o ausencia de personal. En estos casos hay que evitar que operaciones del día a día sean las causantes de la falta de productividad sobre todo cuando se trate de un equipo nuevo ya que esto deprecia la inversión realizada en el equipo.

## VIII REFERENCIAS

### LISTADO DE FIGURAS.

- Fig. 1.1.1 Operador recibiendo vasos en prensa por caída libre.
- Fig. 1.1.2 Operadores empacando vasos.
- Fig. 2.1.0 Máquina inyectora de plásticos.
- Fig 2.1.1 Partes principales de la unidad de inyección.
- Fig 2.1.2 Partes principales de la unidad de prensa.
- Fig 2.2.1 Partes principales de un molde de inyección.
- Fig 2.3.1 Un ciclo de moldeo.
- Fig 3.3.1 Diferentes tipos de vasos de succión para efector final.
- Fig 3.3.2 Ejemplo de sujetadores mecánicos.
- Fig 3.4 Tipos de sensores para efector final.
- Fig 4.2.3 Formato de proveedor hoja 1- hoja 2 – hoja 3.
- Fig 4.2.4 Distancias de referencia para la operación del robot.
- Fig 4.3.1 Ejemplo de configuración de robot para inyección de plásticos.
- Fig 4.3.2 Configuración del cuerpo del robot y caja de control.
- Fig 4.4.1 Zonas de trabajo del robot.
- Fig 4.5.1 Esquema de interface robot-máquina.
- Fig 4.6.2 Ejemplo de rutina de un robot.
- Fig 5.2.1 Platina superior con preparación para montaje de robot.
- Fig 5.4.1 Revisión de la operación del robot.
- Fig 5.5.1 Instalación de efector final de brazo en robot.
- Fig 5.5.2 Celda de operación.
- Fig 5.6.1 Identificación del producto
- Fig 5.6.2 Modo de operación
- Fig 5.6.3 Rotación efector final.
- Fig 5.6.4 Selección brazo de robot.
- Fig.5.6.5 Señal del expulsor.
- Fig 5.6.6 Liberación de la pieza.
- Fig 5.6.7 Posicionamiento de robot.
- Fig 5.6.8 Velocidades.
- Fig 5.6.9 Tiempos.
- Fig 5.6.10 Distribución.
- Fig 5.6.11 Posición cambio de herramienta.
- Fig 5.6.12 Detección.
- Fig 5.6.13 Carga de operación.
- Fig 6.1.3 Celda actual con un solo operador.
- Fig 6.1.4 Operación de recepción de vasos.

## **LISTADO DE TABLAS.**

- Tabla 1.1.3 Condiciones generales de la celda.
- Tabla 1.1.4 Promedio diario de producción de semana 1.
- Tabla 1.1.5 Promedio diario de producción de semana 2.
- Tabla 1.1.6 Promedio diario de producción de semana 3.
- Tabla 1.1.7 Promedio diario de producción de semana 4.
- Tabla 1.1.5. Resultados diarios de unidades producidas en cuatro semanas.
- Tabla 2.2 Partes principales del molde y su función.
- Tabla 4.2.1 Condiciones de operación/producción de vasos de plástico.
- Tabla 4.2.2 Características generales de la máquina inyectora seleccionada.
- Tabla 4.3.1 Ejemplo de configuración de robot.
- Tabla 4.3.2 Configuración del cuerpo del robot y caja de control.
- Tabla 4.5.2 Señales de interfase de salida de la máquina inyectora.
- Tabla 4.5.3 Señales de interfase de salida del robot.
- Tabla 4.5.4 Señales de interfase de salida de un equipo externo.
- Tabla 4.5.5 Señales de salida del robot hacia un equipo externo.
- Tabla 4.6.1 Ejemplo rutina ciclo de robot.
- Tabla 5.3.1 Pasos básicos para la instalación de un robot.
- Tabla 6.1.1 Condiciones al inicio del proyecto.
- Tabla 6.1.2 Resultados obtenidos en la implementación.
- Tabla 6.4.1 Resultados promedio ciclo 6.4 segundos.
- Tabla 6.4.2 Resultados promedio ciclo 4.91 segundos.
- Tabla 6.4.3 Resultados de seis meses de operación.

## **LISTADO DE GRAFICAS.**

- Gráfica 1.1.8 Comparativo de resultados de cuatro semanas.
- Gráfica 1.1.9 Comparativo en tiempo muerto diario por semana.
- Gráfica 6.4.a Producción mensual promedio.
- Gráfica 6.4.b Tiempo muerto mensual.
- Gráfica 6.4.c Producción de seis meses.
- Gráfica 6.4.d Tendencia tiempo muerto en seis meses.

## BIBLIOGRAFIA

- B. Hodges. Industrial Robotics - Second edition. Butterworth-Heinemann Ltd, England 1992.
- A. Critchlow. Introduction to Robotics. Macmillan Publishing Company, USA 1985.
- DuBois, Harry J., & Pribble, Wayne, I. (1978). Plastics Mold Engineering Handbook. New York, New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Dym, Joseph, P. (1979). Injection Molds and Molding. New York, New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Rubin, Irvin, I. (1972). Injection Molding - Theory and Practice. New York, New York: John Wiley & Son.

## **MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

- Cincinnati Milacron Plastic Moulding Machines, Incorporated.
- Technimark Automation (sitio internet).
- Sepro Robots Inc.
- Yushin America, Inc.
- Toyo Machinery.