



Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

MINIPROYECTO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

TITULO: Seguridad en una célula flexible de producción de piezas de aluminio

AUTOR: Senao Baños, Victor.
Fernández Varo, José Antonio
Gonzalez Escuer, Carlos.

TITULACIÓN: ETI, Especialitat en Electrònica Industrial.

DIRECTOR: Pere Ponsa.

DEPARTAMENTO: Ingenieria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

FECHA: 26/04/2004

Este Proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: Sí No

MINIPROYECTO AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

1 – RESUMEN

En el mini proyecto trata del desarrollo de la seguridad de una célula flexible automatizada de piezas de aluminio, con posibilidad de hacer control de calidad i discriminar la piezas defectuosas.

En el desarrollo del mini proyecto tendremos en cuenta aspectos como la normativa aplicable a la seguridad, tanto en general, como en casos específicos como son los de la industria.

Realizando un estudio de los riesgos que elementos como el robot comportan y desglosando los tipos de seguridad en intrínseco e extrínseco podremos orientar al lector en la tarea de selección de componentes, actuadores, robots y máquinas, y al diseño de la seguridad de los entornos industrializados en función de los riesgos que comporten

Para finalizar el mini proyecto, hemos realizado el desarrollo de la seguridad de una célula de fabricación de piezas de aluminio, desarrollada originalmente por la empresa INISEL, teniendo en cuenta las recomendaciones de fabricantes como SICK o TELEMECANIQUE en sus guias de seguridad de máquinas, y utilizando los componentes adecuados para los casos.

Finalmente, tras adjuntar el listado de componentes que se podrían utilizar para llevar a cabo la seguridad de la célula, hemos completado una tabla comparativa entre fabricantes, detallando la disponibilidad de los componentes en las diferentes casas comerciales

Palabras claves (máximo 10):

Seguridad	Célula robotizada	Célula flexible	Operario
Prevención	Normativa	Riesgo	Industria
Componentes	Robot		

1 – RESUMEN.....	2
2 – SEGURIDAD EN INSTALACIONES.....	5
2.1 – Normativa Legal.....	5
2.1.1 - Normativa internacional ISO 10218:1992.....	6
2.1.2 - Normativa americana ANSI/RIA R15R15.06:1992.....	6
2.1.3 - Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775	6
2.2 – Distancias de Seguridad.....	9
2.2.1 – Distancias hacia arriba	9
2.2.2 – Distancias alrededor de un obstáculo.....	9
2.2.3 – Distancias por encima de un obstáculo o hacia el interior de un recipiente	10
2.2.4 – Distancia a través de un obstáculo	11
2.2.5 – Distancia entre partes móviles	12
2.2.6 – Interpretación de los gráficos y tablas para el cálculo de las distancias de seguridad ...	12
2.3 – Posibles causas mas frecuentes de los accidentes en células flexibles.....	15
2.4 – Riesgo de un Robot	16
2.5 – Tipos de Seguridad.....	16
2.5.1 - Protección por seguridad intrínseca.....	16
2.5.2 – Protección por seguridad extrínseca	17
2.5.2.1 – Ejemplos de seguridad extrínseca.....	17
3 – ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	20
3.1 – Estudio de los riesgos y prevenciones en la célula flexible.	20
3.1.1 – Requisitos de seguridad que han de cumplir las células robotizadas.....	20
3.1.2 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Diseño del Robot	21
3.1.3 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Diseño de la célula robotizada:.....	23
3.1.4 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Instalación y utilización del sistema:	24
4 – DISEÑO DE LA CÉLULA FLEXIBLE.	26
4.1 – Disposición del robot en la célula de trabajo.....	26
4.1.1 – Robot en el centro de la célula	26
4.1.2 – Robot en línea	27
4.1.3 – Robot móvil.....	28
4.1.4 – Robot suspendido.....	28
4.2 – Características del sistema de control de la célula de trabajo	29
4.3 – Justificación económica	30
4.3.1 – Factores económicos	30
5 – APLICACIÓN: AUTOMATIZACIÓN DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO	31
5.1 – Características del robot	31
5.2 – Características de las células a automatizar.....	34
5.2.1 – Células manuales.....	34
5.2.2 – Células parcialmente automatizadas	34
5.3 – Automatización de las células	35
5.3.1 – Primera fase.....	35
5.3.2 – Segunda fase	36
5.4 – Funcionamiento final de la célula de producción de piezas de aluminio	37

6 – DISEÑO DE LA SEGURIDAD DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO	39
6.1 – Eliminación o reducción de riesgos. Prevención intrínseca	40
6.2 – Eliminación o reducción de riesgos. Prevención extrínseca.....	40
6.2.1 – Análisis de las zonas de riesgo de la célula automatizada	41
7 – COMPONENTES DEL MERCADO APLICABLES AL DISEÑO DE SEGURIDAD.....	51
7.1 – Barreras ópticas de seguridad	51
7.2 – Suelo sensible a presión	54
7.3 – Interruptores de seguridad	55
8 – TABLA COMPARATIVA ENTRE FABRICANTES DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD	57
9 – CONCLUSIONES.....	58
10 – BIBLIOGRAFIA.....	59

2 – SEGURIDAD EN INSTALACIONES.

La seguridad y prevención de accidentes en estaciones robotizadas, cobran especial importancia fundamentalmente por dos razones.

1 - Por el motivo intrínseco de que el robot, posee mayor índice de riesgo de accidente que otra máquina de características similares.

2 - La aceptación social del robot dentro de la fábrica.

Otro dato significativo es que el número de accidentes ocasionados por los robots industriales no es ni mucho menos alarmante.

2.1 – Normativa Legal

La normativa legal relativa a la instalación y empleo de robots, ésta ha sido hasta principios de los noventa escasa.

Se pueden citar:

- 1.- La tendencia existente a enfrentarse con los problemas técnicos y de mercado como que con ningún otro.
- 2.- La necesidad de suficiente experiencia en la materia de accidentes ocasionados por los robots como para establecer una casuística suficientemente válida.
- 3.- La dificultad en unificar criterios y niveles de seguridad entre los diferentes usuarios y países.
- 4.- La dificultad y tiempo necesario para preparar la documentación referente a la normativa, así como a los procedimientos de evacuación.

En la actualidad, la normativa más relevante existente al respecto a nivel mundial es la siguiente:

2.1.1 - Normativa internacional ISO 10218:1992

Se trata de una normativa realizada por el organismo internacional de estandarización [ISO-92]. La norma data de 1992.

Esta norma aborda una sección sobre análisis de la seguridad, la definición de riesgos y la identificación de posibles fuentes de peligros o accidentes. Contiene además una sección sobre diseño de sistemas robotizados, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, ergonómicos y de control.

2.1.2 - Normativa americana ANSI/RIA R15R15.06:1992

Destaca la definición de riesgos y de la probabilidad de la aparición de un accidente y la severidad del posible daño físico a una persona, dependientes del nivel de experiencia del operador y de la frecuencia en la que éste se encuentra en zona de peligro.

2.1.3 - Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775

Incluye una serie de requisitos para mejorar la seguridad en las fases de diseño, utilización, reparación y mantenimiento de los robots industriales y de las células robotizadas.

En términos generales estas recomendaciones son similares a las descritas enumerándose las posibles fuentes de peligro y estableciéndose una serie de requisitos en las fases de diseño y construcción del robot, diseño y protección de la célula robotizada y utilización, instalación y puesta en marcha de la misma.

La norma **IRAM-IAP-IEC 79-11** establece que una falla se contabiliza como tal cuando se trata de un deterioro eléctrico o defecto de cualquier componente o conexión entre componentes del que dependa la seguridad intrínseca del circuito.

REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas. Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Desde el punto de vista del ingeniero los artículos a destacar para poder diseñar la célula flexible son:

Artículo 2. Definiciones

A efectos del presente Real Decreto, se entenderá por:

- a. Equipo de trabajo: cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.
- b. Utilización de un equipo de trabajo: cualquier actividad referida a un equipo de trabajo, tal como la puesta en marcha o la detención, el empleo, el transporte, la reparación, la transformación, el mantenimiento y la conservación, incluida en particular la limpieza.
- c. Zona peligrosa: cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o para su salud.
- d. Trabajador expuesto: cualquier trabajador que se encuentre total o parcialmente en una zona peligrosa.
- e. Operador del equipo: el trabajador encargado de la utilización de un equipo de trabajo.

Artículo 3. Obligaciones generales

2. Para la elección de los equipos de trabajo el ingeniero deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- a. Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- b. Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo y, en particular, en los puestos de trabajo, así como los riesgos que puedan derivarse de la presencia o utilización de dichos equipos o agravarse por ellos.
- c. En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Artículo 4. Comprobación de los equipos de trabajo

1. El ingeniero adoptará las medidas necesarias para que aquellos equipos de trabajo cuya seguridad dependa de sus condiciones de instalación se sometan a una comprobación inicial, tras su instalación y antes de la puesta en marcha por primera vez, y a una nueva comprobación después de cada montaje en un nuevo lugar o emplazamiento, con objeto de asegurar la correcta instalación y el buen funcionamiento de los equipos.
2. El ingeniero adoptará las medidas necesarias para que aquellos equipos de trabajo sometidos a influencias susceptibles de ocasionar deterioros que puedan generar situaciones peligrosas estén sujetos a comprobaciones y, en su caso, pruebas de carácter periódico, con objeto de asegurar el cumplimiento de las disposiciones de seguridad y de salud y de remediar a tiempo dichos deterioros.
Igualmente, se deberán realizar comprobaciones adicionales de tales equipos cada vez que se produzcan acontecimientos excepcionales, tales como transformaciones, accidentes, fenómenos naturales o falta prolongada de uso, que puedan tener consecuencias perjudiciales para la seguridad.
3. Las comprobaciones serán efectuadas por personal competente.
4. Los resultados de las comprobaciones deberán documentarse y estar a disposición de la autoridad laboral. Dichos resultados deberán conservarse durante toda la vida útil de los equipos. Cuando los equipos de trabajo se empleen fuera de la empresa deberán ir acompañados de una prueba material de la realización de la última comprobación.
5. Los requisitos y condiciones de las comprobaciones de los equipos de trabajo se ajustarán a lo dispuesto en la normativa específica que les sea de aplicación.

2.2 – Distancias de Seguridad

Las distancias de seguridad se definen para los siguientes gestos:

- Hacia arriba.
- Alrededor de un obstáculo.
- Por encima de un obstáculo o hacia el interior de un recipiente.
- Entre partes móviles en movimiento.

2.2.1 – Distancias hacia arriba

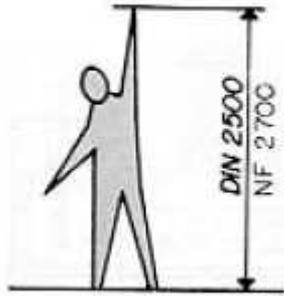


Figura 2.1 - Representación y distancias hacia arriba

2.2.2 – Distancias alrededor de un obstáculo

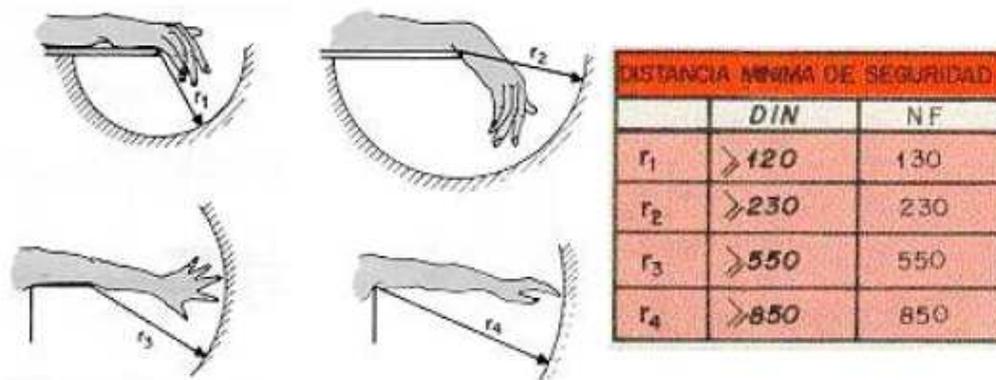


Figura 2.2 – Representación y distancias alrededor de un obstáculo
 Tabla 2.1 – Distancia mínima de seguridad alrededor de un objeto

2.2.3 – Distancias por encima de un obstáculo o hacia el interior de un recipiente

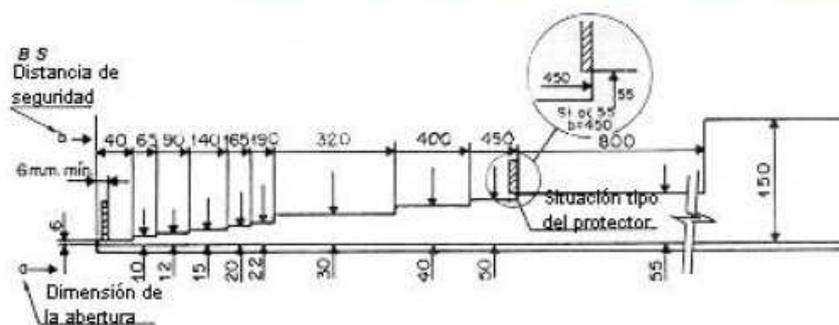


ALTURA DEL PUNTO PELIGROSO (a)	ALTURA DEL OBSTACULO (b)									
	2600	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000	
Nº DIV	DISTANCIA DEL OBSTACULO AL PUNTO PELIGROSO (c)									
2600	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
2400	●	100	300	400	500	600	600	700	800	900
●	2400	●●	●	100	100	100	100	100	100	100
2200	●	●	300	400	600	700	800	900	1000	1100
●	2200	●●	●	250	350	400	500	500	600	600
2000	●	●	●	400	600	800	900	1000	1200	1300
●	2000	●●	●	●	350	500	600	700	900	1100
1800	●	●	●	●	500	800	900	1100	1300	1400
●	1800	●●	●	●	●	600	900	900	1000	1100
1600	●	●	●	●	500	800	900	1100	1400	1500
●	1600	●●	●	●	●	500	900	900	1000	1300
1400	●	●	●	●	●	700	900	1100	1400	1500
●	1400	●●	●	●	●	100	800	900	1000	1300
1200	●	●	●	●	●	700	800	1000	1400	1500
●	1200	●●	●	●	●	●	500	900	1000	1400
1000	●	●	●	●	●	●	600	900	1400	1500
●	1000	●●	●	●	●	●	300	900	1000	1400
800	●	●	●	●	●	●	600	900	1300	1500
●	800	●●	●	●	●	●	●	600	900	1300
600	●	●	●	●	●	●	●	400	1200	1400
●	600	●●	●	●	●	●	●	●	800	1200
400	●	●	●	●	●	●	●	400	900	1200
●	400	●●	●	●	●	●	●	●	300	1200
200	●	●	●	●	●	●	●	●	500	1100
●	200	●●	●	●	●	●	●	●	200	1100
0	●	●	●	●	●	●	●	●	500	1100
●	0	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●

Figura 2.3 - Representación y distancias por encima de un obstáculo o hacia el interior de un recipiente
 Tabla 2.2 – Cálculo de la distancia mínima de seguridad por encima de un objeto o alrededor de un recipiente

2.2.4 – Distancia a través de un obstáculo

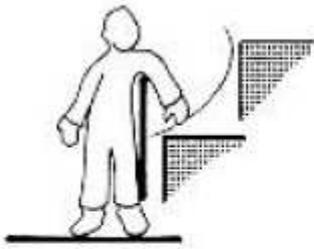
	PARTE DEL CUERPO	PUNTA DEDO	DEDO	MANO HASTA EL PULPEJO	BRAZO	—	
	ABERTURA O RENDIJA DE BORDES PARALELOS						
DIN	DIMENSION DE LA ABERTURA (a)	$4 < a < 8$	$8 < a < 20$	$20 < a < 30$	$30 < a < 135$	$a > 135^*$	
NF	RECT. o RENDIJA						
DIN	DISTANCIA DE SEGURIDAD (b)	$b > 15$	$b > 120$	$b > 200$	$b > 850$	—	
NF		$b > 20$	$b > 125$	$b > 200$	$b > 900$		
	ABERTURA REDONDA O CUADRADA						
NF	Ø CIRCULO O DIAGONAL DEL CUADRADO (e)	$4 < e < 8$	$8 < e < 11,3$	$11,3 < e < 40$	$40 < e < 50$	$50 < e < 135$	—
NF	LADO DEL CUADRADO (a)	$2,8 < a < 5,6$	$5,6 < a < 8$	$8 < a < 28$	$28 < a < 35,5$	$35,5 < a < 95,5$	—
NF	DISTANCIA DE SEGURIDAD (b)	$b > 5$	$b > 20$	$b > 120$	$b > 200$	$b > 850$	—
DIN	Ø CIRCULO O LADO DEL CUADRADO	$4 < a < 8$	$8 < a < 25$	$25 < a < 40$	$40 < a < 250$	$a > 250^*$	
DIN	DISTANCIA DE SEGURIDAD (b)	$b > 15$	$b > 120$	$b > 200$	$b > 850$	—	



* Una abertura mayor permite el paso del cuerpo, por tanto no se puede considerar como resguardo. Deben adoptarse entonces las medidas recogidas en el apartado 5

Figura 2.4 – Distancia a través de un objeto
 Tabla 2.3 – Cálculo de la distancia a través de un objeto

2.2.5 – Distancia entre partes móviles



DIN

Parte del cuerpo	Cuerpo	Rodilla
Distancia de Seguridad	500	180

Dos ilustraciones que muestran a un trabajador en posturas que representan riesgos de seguridad: una con el cuerpo inclinado hacia adelante y otra con una pierna extendida hacia una estructura.

Figura 2.5 – Distancia entre partes móviles
Tabla 2.4 – Cálculo de distancia mínima entre partes móviles

2.2.6 – Interpretación de los gráficos y tablas para el cálculo de las distancias de seguridad

¿A qué distancia debe colocarse un resguardo?

Depende de la situación (altura y distancia) del punto peligroso que no debe ser accesible con el gesto que pueda hacerse por encima del resguardo.

Para un punto peligroso situado a una altura $a = 1200$ mm y un resguardo de altura $b = 1600$ mm. La distancia debe ser 800 mm (NF) 6 500 mm (DIN).

El gesto es tanto más amplio como más bajo es el resguardo; las distancias deberían ser por lo tanto mayores en los resguardos bajos que en los altos.

Para $a = 2.200$ mm

$b = 1.200$ mm, la distancia es (DIN) $c = 600$ mm

pero si $b = 2.200$ mm, la distancia es (DIN) $c = 250$ mm

¿Qué altura deben tener los resguardos?

No deben interpolarse los valores de las tablas; debe tomarse el más seguro.

Un punto peligroso está a una altura $a = 1600$. Se dispone de un espacio para colocar el resguardo no mayor de $c = 950$ mm. El resguardo deberá tener una altura (NF) $b = 1600$ (un resguardo de $b = 1400$ requeriría una distancia $c = 1100$).

¿Hasta donde debe prolongarse un resguardo?

El gesto alrededor de un resguardo puede limitarse prolongando los bordes del obstáculo (fig. 2.x):

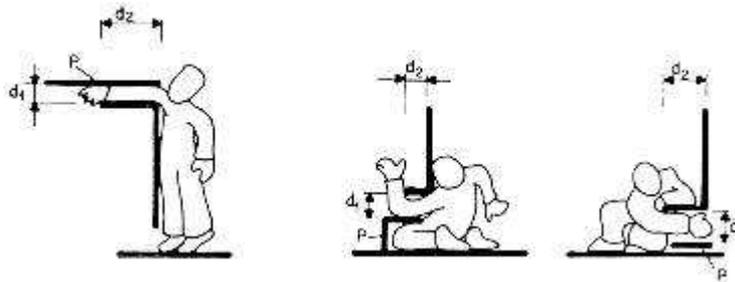


Figura 2.6 - Gesto alrededor de un resguardo

El diseño debe cuidarse mucho si se quiere evitar que la protección sea burlada.

Una abertura d_1 de aprox. 8 mm deja pasar los dedos: r1
" " 30 mm " " r2
" " 50 mm " " r4

Además, para limitar el gesto a:

Los dedos, d_2 deberá ser superior aprox. a 700 mm

La mano, " " a 300 mm

Mientras que una pequeña prolongación limitaría el gesto del brazo entero, todo ello a condición de que no sea posible introducir el brazo oblicuamente.

El suplemento "p" resulta por tanto inevitable.

En el borde superior es de esperar, sin embargo, que un obstáculo bloquee por sí solo a nivel de:

hombro $b = 1.800$ mm

codo $b = 2.200$ mm

muñeca $b = 2.400$ mm

dedos $b = 2.600$ mm

En el borde inferior el suelo puede hacer las veces de suplemento "p".

En cualquier caso se obtendrá mayor garantía encerrando por entero la zona peligrosa.

¿Qué tamaño de malla se debe escoger para el resguardo?

Puesto que el brazo de las personas no tiene un grosor continuamente creciente solo unos ciertos tamaños de mallas son significativos:

Aberturas de rendija significativas para:

DIN y NF: 4, 8, 20, 30, 135 (mm)

BS: 6, 10, 12, 15, 20, 22, 30, 40, 50, 55, 105 (mm)

Cuando no pueda hacerse una rendija de una abertura determinada es mejor pasar a la abertura inmediatamente superior.

Por ejemplo:

para DIN y NF la distancia de seguridad para rendijas entre 8 y 20 mm. es 120 mm. No puede reducirse la distancia de seguridad por hacer la rendija de 15 ó 18 mm.

Ejemplo:

Si un punto peligroso está a 25 mm. de un resguardo y quiere practicarse una abertura de inspección en aquel punto puede escogerse:

Una rendija de menos de 6 mm. (BS)

Una rendija o una malla cuadrada de 8 mm. (NF y DIN)

Una malla de aberturas circulares de diámetro 8 mm. (DIN o 11,3 mm (NF)

La rendija de 6 mm seguiría siendo válida para un punto peligroso situado a 6 mm. (BS).

La rendija o la abertura cuadrada de 8 mm. lo sería para 15 mm (DIN) ó 20 mm (NF).

2.3 – Posibles causas mas frecuentes de los accidentes en células flexibles.

En principio, y dado lo similar de su característica, los riesgos de accidente en un entorno de trabajo con robots industriales deberían ser similares a los debidos al empleo de máquinas herramientas con control numérico. Hay una serie de circunstancias que aumentan el nivel de riesgo en el caso de los robots.

Robot industrial	Máquina convencional de control numérico
Movimiento simultáneo de varios ejes(seis o más)	Normalmente mueve simultáneamente sólo uno o dos ejes.
Movimiento independiente de cada uno de los ejes. Trayectorias complejas.	Movimientos limitados y con trayectorias simples.
Campo de acción fuera del volumen cubierto por la propia máquina. Espacio de trabajo no reconocido fácilmente.	Campo de acción dentro del volumen abarcado por la máquina.
Campo de acción solapado con el de otras máquinas y dispositivos.	Normalmente sin solapamiento del campo de acción.

Tabla 2.5 – Causas más frecuentes de accidentes en células flexibles

Los tipos de accidentes causados por robots industriales, además de los ocasionados por causas tradicionales, como electrocuciones, quemaduras, etc... son debidos a:

- 1.- Colisión entre robots y hombre.
- 2.- Aplastamiento al quedar atrapado el hombre entre el robot y algún elemento fijo.
- 3.- Proyección de una pieza o material, como por ejemplo metal fundido, algún ácido corrosivo, transportado por el robot.

Estas causas agravadas por la gran velocidad con la que los robots pueden realizar sus movimientos, además de su elevada energía estática y dinámica.

Ahora es preciso localizar cuáles son las causas que los originan. Los accidentes provocados por robots industriales se deben normalmente:

- 1.- Un mal funcionamiento del sistema de control: software, hardware, sistemas de potencia.
- 2.- Acceso indebido de personal a la zona de trabajo del robot.
- 3.- Errores humanos de los operarios en las etapas de mantenimiento, programación.
- 4.- Rotura de partes mecánicas por corrosión o fatiga.
- 5.- Liberación de energía almacenada.
- 6.- Sobrecarga del robot (manejo de cargas excesivas).
- 7.- Medio ambiente o herramienta peligrosa (láser, corte por chorro de agua, oxicorte).

2.4 – Riesgo de un Robot

Abordado en el punto 3 de manera detallada

2.5 – Tipos de Seguridad

2.5.1 - Protección por seguridad intrínseca

La seguridad intrínseca (**SI**) es una medida adoptada en un circuito eléctrico para que ninguna chispa o efecto térmico que se produzcan en las condiciones de ensayo previstas en la norma, ya sea en funcionamiento normal o en las condiciones específicas de falla, sea capaz de provocar la inflamación de una atmósfera explosiva dada.

La seguridad depende solamente de la cantidad de energía puesta en juego en un circuito y de la temperatura superficial máxima que éste alcanza, y que no resulta afectada por la envoltura, enclavamiento, presión de aire, etc. Las aplicaciones de este modo de protección están restringidas a circuitos eléctricos y electrónicos de pequeña señal, donde se utilizan bajas corrientes, tensiones y potencias.

Por otro lado, un material sólo es intrínsecamente seguro si está conectado a una barrera limitadora de energía o a un material asociado que resulte adecuado para no afectar la seguridad del primero. Estos materiales asociados pueden estar protegidos por algún otro modo de protección reconocido y que permita su ubicación en el área peligrosa. También pueden ser diseñados para trabajar solamente en el área segura, pero en todos los casos deben ser certificados, para su funcionamiento vinculado a un material intrínsecamente seguro.

Los materiales intrínsecamente seguros o materiales asociados están en operación normal cuando cumplen mecánicamente y eléctricamente con sus especificaciones de diseño. Esto incluye los efectos de máxima tensión de alimentación, tolerancias de los componentes y condiciones ambientales extremas especificadas.

Una característica importante de los circuitos de **SI** es que la combinación de dos circuitos de este tipo puede dar lugar a un circuito no seguro. Ello debería ser tenido en cuenta en instalaciones donde coexisten distintos circuitos de seguridad intrínseca, tales como canalizaciones y cajas de conexiones.

2.5.2 – Protección por seguridad extrínseca

La seguridad extrínseca se conoce como la cooperación entre persona y máquina dentro de una estación robotizada.

Resguardo: Elemento de la maquina utilizado específicamente para garantizar una protección mediante una barrera material.(ejemplos: carcasa, puerta, barrera...)

Componentes: Suelo sensible, sensores ultrasonidos, pulsador a dos manos, vallas y puertas, etc...

2.5.2.1 – Ejemplos de seguridad extrínseca

Para que la correcta comprensión del concepto de seguridad extrínseca, pasaremos a mostrar a continuación diversas soluciones constructivas.

Ejemplo 1 – Evitar acceso a determinadas zonas

Si la fuente de peligro se encuentra en una parte de la maquinaria que no requiere acceso, debe tener una protección permanente con guardas de aislamiento fijas.

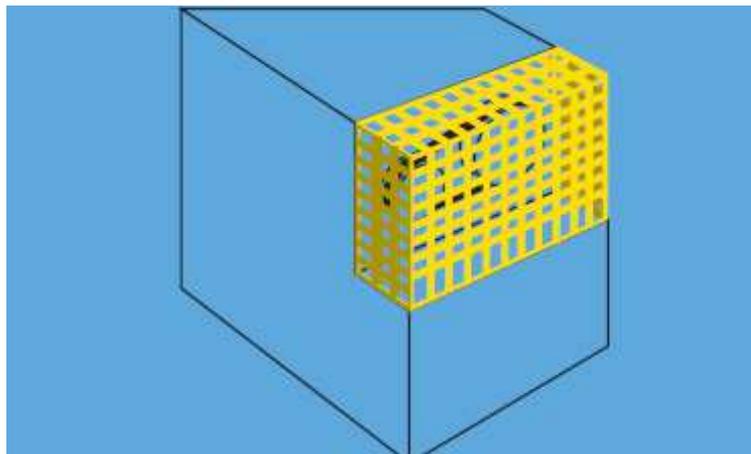


Figura 2.7 – Protección permanente contra accesos mediante guardas de aislamiento fijas

Ejemplo 2 – Guardas móviles con interruptores de enclavamiento

Si se requiere acceso, debe haber una guarda movible (que pueda abrirse), la cual se enclava con el suministro de energía de la pieza de peligro de manera que asegure que cada vez que la puerta de la guarda no esté cerrada, se desactivará la alimentación eléctrica de la pieza de peligro.

Este método requiere el uso de un interruptor de enclavamiento acoplado a la puerta de la guarda. El control de la fuente de energía del peligro es encaminado a través de la sección de conmutación de la unidad. La fuente de energía es generalmente eléctrica, pero podría ser también neumática o hidráulica. Cuando se detecta movimiento (abertura) de la puerta de la guarda, el interruptor de enclavamiento aísla el suministro de energía de la fuente de peligro ya sea directamente, o mediante un contactor de alimentación eléctrica (o válvula).

Algunos interruptores de enclavamiento también incorporan un dispositivo de enclavamiento que enclava la puerta de la guarda en posición cerrada y no permite que se abra hasta que la máquina esté en una condición segura. En la mayoría de aplicaciones, la combinación de una guarda móvil y un interruptor de enclavamiento con o sin bloqueo de la guarda es la solución más confiable y económica.

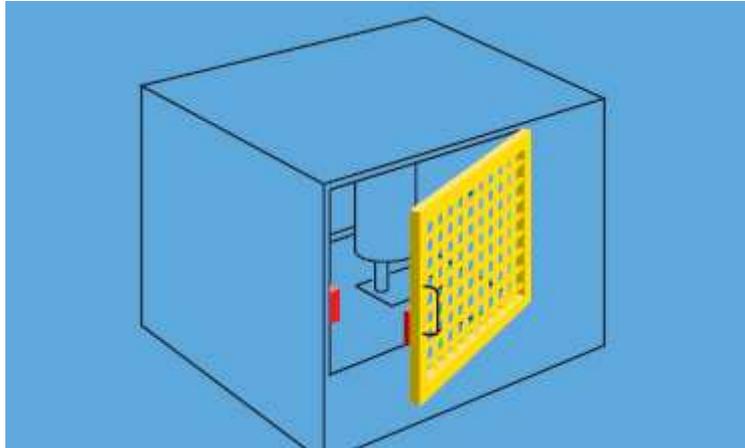


Figura 2.8 – Protección mediante guardas móviles con interruptores de enclavamiento

Ejemplo 3 – Prevención de movimientos peligrosos mediante cortinas de luz fotoeléctricas

Estos dispositivos emiten una “cortina” de haces de luz infrarroja inoocuos frente al área peligrosa. Cuando alguno de los rayos es bloqueado debido a una intrusión hacia el área peligrosa, el circuito de control de la cortina de luz desactiva la fuente de energía peligrosa. Muchos factores son los que rigen el tipo y posicionamiento de una cortina de luz, y estos se indican en EN 999 (El posicionamiento de equipo protector con respecto a velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano)

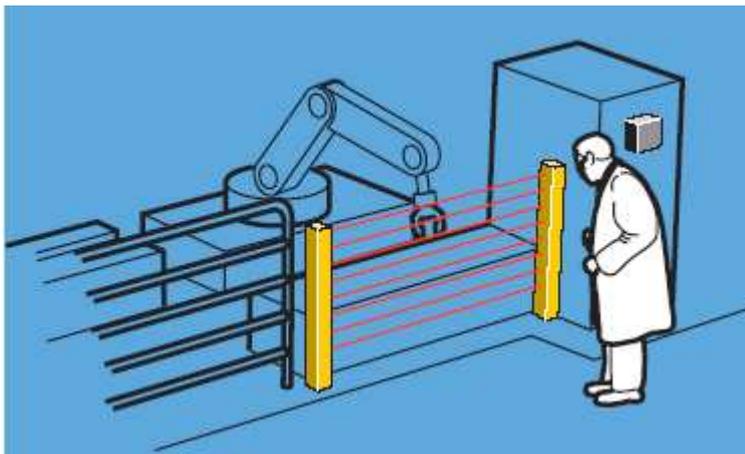


Figura 2.9 – Protección mediante cortinas de luz fotoeléctricas

Ejemplo 4 – Tapetes de seguridad para el piso sensibles a presión

Estos dispositivos se usan para proporcionar resguardo de un área del piso alrededor de una máquina. Se coloca una matriz de tapetes interconectados alrededor del área de peligro y cualquier presión (por ej., la pisada de un operador) causará que la unidad controladora del tapete desactive la alimentación eléctrica a la pieza peligrosa.

Los tapetes sensibles a la presión generalmente se usan dentro de un área cerrada que contiene varias máquinas – celdas robóticas o de manufactura flexible, por ejemplo. Cuando se requiere acceso a la celda (para el establecimiento o “aprendizaje” del robot, por ejemplo), éstos evitan un movimiento peligroso si el operador se sale del área de seguridad.

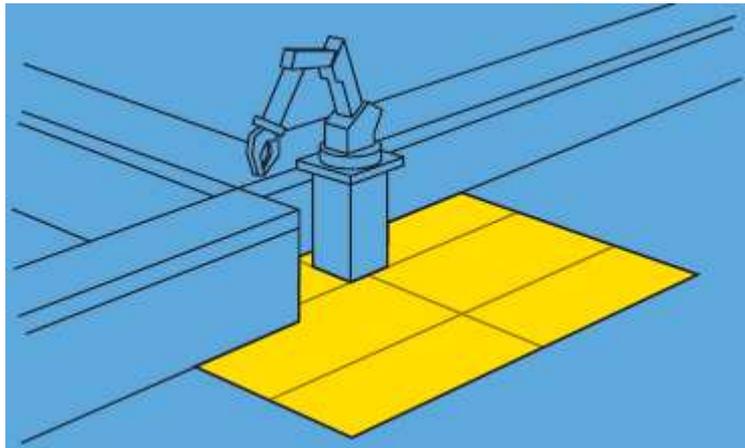


Figura 2.10 – Protección mediante tapetes de seguridad para el piso sensibles a presión

3 – ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD

3.1 – Estudio de los riesgos y prevenciones en la célula flexible.

Esta comprobado por diversos estudios que:

- Más del 90% de los accidentes en células robotizadas se producen durante las tareas de mantenimiento, puesto a punto, programación, etc.
- El 10% restante de los accidentes se producen mientras la célula se encuentra funcionando de manera habitual.

Las estadísticas nos obligan a pensar en la gran importancia que tienen los elementos de seguridad que impidan acceder a los operarios al área de trabajo del robot durante su funcionamiento.

3.1.1 – Requisitos de seguridad que han de cumplir las células robotizadas

Definidas en la normativa UNE-EN 775

- Definición exacta de los límites del sistema:
 - Intención de uso, espacio y tiempo en que se utilizará.
- Identificación i descripción de todos los peligros que pueda generar la máquina mientras esté trabajando
 - Riesgos derivados de un trabajo conjunto entre la máquina y el operario
 - Riesgos derivados de un mal uso de la máquina
- Definición del riesgo de que se produzca un accidente
- Comprobar que las medidas de seguridad son las adecuadas

Existen también reglas de selección de medidas de seguridad para máquinas, como las expuestas en el “instituto nacional de seguridad, higiene y trabajo” en su “NTP 235: Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección”.

Estas medidas de seguridad se pueden desglosar en:

- Medidas de seguridad integradas en máquina
- Medidas de seguridad no integradas en máquina

3.1.2 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Diseño del Robot

En la tabla 3.1 quedan definidos los posibles peligros que los robots pueden comportar. De manera más específica, la tabla 3.2, define aquellas personas que tienen una posibilidad de riesgo mayor de sufrir daño por parte de un robot industrial

Peligros que pueden comportar un robot industrial		
Tipo de Peligro	Descripción del peligro	Efecto del peligro
Mecánico	Peligros derivados de factores físicos que puedan dar lugar a una lesión por la acción mecánica del robot, elemento terminal, piezas de trabajo o materiales proyectados (sólidos o líquidos)	Aplastamiento Corte Atrape o Arrastre Impacto Perforación Proyección de fluidos a presión
Eléctrico	Peligros debidos al contacto con la corriente eléctrica o campos electroestáticos.	Shock Eléctrico Quemaduras de diversos grados Asfixia por paro cardíaco
Térmico	Producidos por el calentamiento de la herramienta de trabajo del robot o de una parte del robot	Quemaduras por: Contacto con elemento terminal Sobre calentamiento de una parte del robot
Ruido	Peligrosos sonidos producidos al realizar un proceso determinado	Perdida de agudeza auditiva Fatiga, estrés Perdida del equilibrio o de la percepción
Radiaciones	En el caso de que el robot manipule materiales radioactivos	Ionizantes No ionizantes
Materiales i sustancias	En el caso de que el robot manipule materiales y sustancias	Incendio Explosión Inhalación de agentes químicos nocivos Biológicos

Tabla 3.1 – Peligros que puede comportar un robot industrial

Grupos de Seres humanos en riesgo con el robot industrial	
Grupo	Tipo de peligro
Programadores	En acercarse al robot
Ingenieros de mantenimiento	Riesgo accidental de electrocución
Observadores casuales	Riesgo de aproximación a un robot aparentemente parado, durante una pausa en su funcionamiento normal
Otras personas aparentemente fuera de peligro	Pueden ser dañadas por objetos no bien sujetos que salen propulsados por el robot

Tabla 3.2 – Grupos de seres humanos en riesgo con el robot industrial

Durante la fase de diseño del robot, no obstante, se han de contemplar siempre la posibilidad de un accidente, tomando las medidas oportunas para evitarlo.

De esta manera, el propio robot cuenta con una serie de medidas de seguridad internas encaminadas a evitar posibles accidentes, que quedan reflejadas en la tabla 3.3:

Medidas de seguridad internas del robot	
Tipo de medida	Funcionamiento de la medida
Supervisión del sistema de control	El sistema de control ha de realizar una continua supervisión del correcto de todos los subsistemas (feedback, accionamiento, etc..) e incluso del funcionamiento de la CPU
Paradas de emergencia	El sistema ha de incluir paradas de emergencia que permitan el completo cese de funcionamiento del robot.
Velocidad máxima limitada	El sistema de control asegura que la velocidad máxima de los movimientos cuando una persona se encuentre dentro del área de trabajo del robot sea inferior a la normal (inferior a 0.3 m/s)
Detectores de sobreesfuerzo	Se incluirán detectores de sobreesfuerzo en los accionamientos, que procederán a la desactivación en el caso de que se sobrepase un valor excesivo (colisión o atrape de una persona)
Pulsadores de seguridad	Las consolas de programación (Teach pendant) han de estar equipadas con dispositivos de seguridad (pulsador del hombre muerto) que impliquen al movimiento accidental del robot y a la interacción del operario con él.
Frenos mecánicos adicionales	Si el robot manipula grandes cargas, tendrá que incorporar frenos mecánicos que entren en funcionamiento cuando se interrumpa la alimentación de los accionamientos. También se incorporarán herramientas que permitan la desactivación de estos frenos de forma manual
Códigos de seguridad	El acceso a la unidad de control i arranque, parada i modificaciones del programa estarán limitados mediante el uso de llaves, códigos de seguridad, etc.
Comprobación de señales de autodiagnóstico	Se comprobarán las señales de control previamente al primer funcionamiento.

Tabla 3.3 - Medidas de seguridad internas del robot

3.1.3 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Diseño de la célula robotizada:

Para el correcto diseño de la célula robotizada, una vez vistos los posibles riesgos implícitos en el diseño del robot industrial, hemos de tener en cuenta diversas medidas de seguridad que minimicen el riesgo de aparición de accidentes relacionados con el funcionamiento de la misma.

En diversas aplicaciones industriales podemos observar sistemas de seguridad formado por un conjunto de vallas de seguridad, puerta de acceso interconectada y una barrera fotoeléctrica. Pero ésta es una de tantas configuraciones.

Los tipos de medidas a adoptar se pueden ver reflejados en la tabla 3.4:

Medidas de seguridad a adoptar en el diseño de la célula robotizada	
Medida de seguridad	Funcionamiento de la medida
Barreras de acceso a la célula	Se dispondrán una serie de barreras que impedirán el acceso de las personas a la célula cuando ésta se encuentra en funcionamiento, hasta su parada total o parcial
Dispositivos de intercambio de piezas	En el caso de que el operario tenga la obligación de poner y/o recoger piezas que se encuentren dentro del área de trabajo del robot, se utilizarán dispositivos que permitan realizar estas acciones a distancia.
Movimientos condicionados	En el caso de que, durante el funcionamiento de la célula, el operario tenga que entrar dentro del área de trabajo del robot, se programará a éste para que, durante la operación del operario, no realice ningún movimiento contra su integridad.
Zona de reparación y mantenimiento	Durante el diseño se preverán zonas destinadas a la reparación y mantenimiento. Estas zonas, dentro del campo de acción del robot, se encontrarán fuera de su área de trabajo, asegurándonos que no se realizarán acciones por parte del robot de manera automática.
Condiciones adecuadas en la instalación auxiliar	Asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, neumáticas e hidráulicas, así como los sistemas de protección eléctrico.

Tabla 3.4 - Medidas de seguridad a adoptar en el diseño de la célula robotizada

3.1.4 – Estudio de los riesgos y prevenciones: Instalación y utilización del sistema:

Es un factor importante la adecuada toma de medidas de seguridad durante la instalación y utilización del sistema, medidas que se han de respetar rigurosamente.

En este tipo de medidas de seguridad podemos encontrar dos tipos

- Medidas de seguridad integradas en máquina/entorno

Este tipo de medidas de seguridad se clasifican según la tabla mostrada a continuación, tabla 3.5:

Medidas de seguridad integradas en máquina/entorno	
Tipo de medida	Funcionamiento de la medida
Reducción / eliminación del peligro	Tratados con extensión en los puntos 3.2 y 3.3, haciendo referencia a la prevención intrínseca, que es aquella que evita el mayor número de peligros o bien reducción de los riesgos, eliminando convenientemente ciertos factores determinantes en el diseño de la máquina y reduce la exposición del hombre a los peligros que no se han podido adecuar convenientemente
Protección	Utilización de: -Defensas y resguardos -Dispositivos de enclavamiento - Dispositivos residuales de inercia - Mandos a dos manos - Pantalla móvil - Dispositivos sensibles - Marcha sensitiva - Marcha impulso - Aparta cuerpos
Advertencias	-Instrucciones técnicas -Marcas -Señales
Disposiciones suplementarias	-Parada de emergencia -Dispositivo rescate -Consignación -Facilidad mat. integradas

Tabla 3.5 - Medidas de seguridad integradas en máquina/entorno

- Medidas de seguridad no integradas en máquina/entorno

Este tipo de medidas de seguridad se clasifican según la tabla mostrada a continuación, tabla 3.6:

Medidas de seguridad no integradas en máquina/entorno	
Tipo de medida	Funcionamiento de la medida
Protección personal	El operario de la célula ha de seguir las normas de seguridad implícitas a la operación con la célula, y proveerse de las protecciones necesarias
Formación	Es necesario que el personal que utilice la célula haya recibido una correcta formación.
Método de trabajo	El método de trabajo no ha de suponer un riesgo para el operario
Mantenimiento eficaz	El mantenimiento ha de ser llevado a cabo sin fallos. De esta manera se reducen los accidentes derivados de los fallos de la célula
Normas internas del centro	Los operarios de la célula han de cumplir la normativa de seguridad de su centro de trabajo.

Tabla 3.6 - Medidas de seguridad no integradas en máquina/entorno

4 – DISEÑO DE LA CÉLULA FLEXIBLE.

El proyecto e implantación de un sistema robotizado implica la consideración de un gran número de factores, que van desde el posible rediseño del producto, hasta la definición detallada del plano de implantación del sistema.

Junto con la selección más adecuada del robot para la aplicación, habrá que definir, e incluso diseñar, los elementos periféricos pasivos (alimentadores) o activos (manipuladores) que intervienen en la célula, y situarlos físicamente en el sistema.

Asimismo será preciso definir y seleccionar la arquitectura de control, tanto hardware como software, que todo sistema flexible de fabricación debe incluir.

4.1 – Disposición del robot en la célula de trabajo

A la hora de decidir la disposición del robot en la célula, cabe plantearse cuatro situaciones básicas:

4.1.1 – Robot en el centro de la célula

En esta disposición el robot se sitúa de modo que quede rodeado por el resto de elementos que intervienen en la célula.

La disposición del robot en el centro de la célula se usa frecuentemente en aquellas aplicaciones en las que un robot sirve a una o varias máquinas, así como en las aplicaciones de soldadura de arco, paletizaje o ensamblado, en las que el robot debe alcanzar diversos puntos fijos dentro de su área de trabajo.

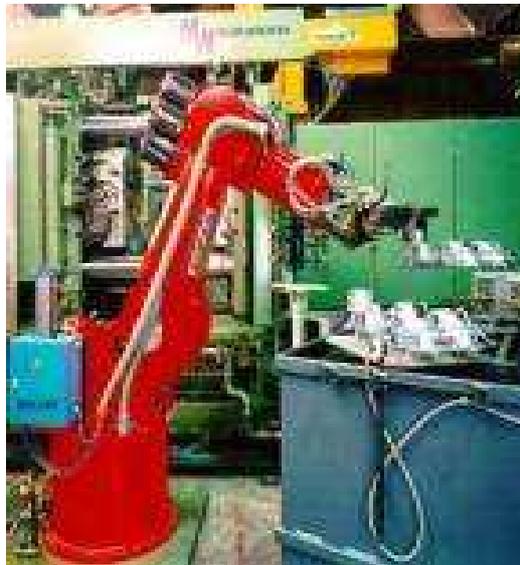


Figura 4.1 – Robot trabajando en el centro de una célula

4.1.2 – Robot en línea

Cuando uno o varios robots deben trabajar sobre elementos que llegan en un sistema de transporte, la disposición de robots en línea es la más adecuada.

En este tipo de disposición cabe diferenciar que el transporte sea de tipo intermitente o continuo. En el primer caso, en un momento determinado cada robot tiene delante una pieza sobre la que realiza las operaciones establecidas. Una vez acabadas éstas, bien se espera a que todos los robots finalicen sus tareas, que para que entonces el sistema de transporte avance un puesto, o bien, si el sistema lo permite, da salida a la pieza que proceda, quedando disponible para recibir una nueva.

Si el transporte es continuo, esto es, si las piezas no se detienen delante del robot, éste deberá trabajar sobre la pieza en movimiento, para lo que el transporte deberá limitar su velocidad de modo que la pieza quede dentro del alcance del robot durante al menos el tiempo de ciclo.



Figura 4.2 – Robot trabajando en una línea

4.1.3 – Robot móvil

En ocasiones es útil diseñar al robot sobre una vía que permite su desplazamiento lineal de manera controlada. Esta posibilidad permite, por ejemplo, seguir el movimiento de la pieza en el caso de que ésta se desplace sobre un sistema de transporte continuo, de modo que la posición relativa entre pieza y robot durante el tiempo de proceso se mantenga fija.

Esta disposición del robot puede utilizarse cuando éste tenga que dar servicio a varias máquinas (carga y descarga), obteniendo el máximo rendimiento.



Figura 4.3 – Robot móvil AGV

4.1.4 – Robot suspendido

La disposición del robot suspendido es la intrínseca de un robot tipo pórtico en la que éste queda situado sobre el área de trabajo. Pero además de esta estructura de robot, es posible colocar un robot articular invertido sobre la célula.

Las operaciones típicas donde se utiliza el robot suspendido son en aplicaciones de adhesivos o sellantes, proyección de material (pintura, acabado superficial, etc), corte(chorro de agua, láser, etc) y soldadura al arco.

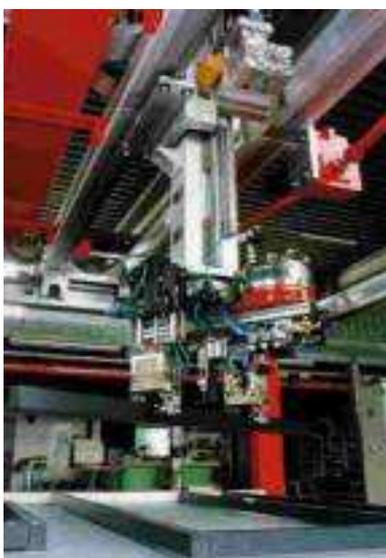


Figura 4.3 – Robot suspendido sobre guía móvil



Figura 4.4 – Robot suspendido trabajando en aplicaciones de soldadura

4.2 – Características del sistema de control de la célula de trabajo

Una vez establecidos los elementos operativos de la célula y su disposición en la planta, el segundo factor crítico en la definición de la célula robotizada es la especificación del sistema de control.

Una célula robotizada debe responder a las premisas de flexibilidad y automatización que justifican su empleo. Es imprescindible el establecimiento de un buen sistema de control que deberá realizar:

Control individual

Control individual de cada una de las máquinas, transportes y demás dispositivos, incluidos robots, que compongan la célula.

Sincronización

Sincronización del funcionamiento de los diferentes dispositivos entre sí.

Detección, tratamiento y recuperación

Si es posible de las situaciones anómalas de funcionamiento que puedan presentarse.

Optimización del funcionamiento

Conjunto de dispositivos de la célula, distribuyendo si es posible las funciones de manera dinámica, para así evitar paradas por espera o acciones innecesarias.

Interfaz con el usuario

Mostrando la información adecuada para que en todo momento se conozca con el detalle necesario el estado del sistema, así como permitiendo que el operador acceda, con restricciones pertinentes, al funcionamiento del mismo.

Interfaz con otras células

Para permitir la sincronización entre ellas, optimizando el funcionamiento de un sistema de fabricación flexible compuesto por varias células.

Interfaz con un sistema de control superior

Realizará básicamente funciones de supervisión y actualización de programas cuando se diese un cambio en la producción.

Estas funciones, que pueden ser necesarias en mayor o menor medida en el control de una célula robotizada, se implementarán en un hardware que será preciso definir y dimensionar.

En aquellas ocasiones en las que la simplicidad de la célula lo permite, el propio controlador del robot podrá simultanear las funciones propias de control de sus ejes con el mando del resto de los dispositivos. Para ello utilizará sus entradas/salidas digitales/analógicas, o si fuera necesario la posibilidad de incorporar ejes externos servo controlados.

Si por contrario la célula incluye un mayor número de dispositivos, algunos de los cuales incluso disponen de su propio controlador, será preciso disponer de una estructura jerarquizada en la que un elemento central (PLC o ordenador) mantenga una comunicación con el resto de los controladores.

En cualquier caso, el correcto funcionamiento del control de la célula es tarea que no debe desestimarse, pues repercutirá tanto en el coste de implantación y desarrollo de la misma como en el de explotación.

4.3 – Justificación económica

En cualquier proyecto de ingeniería, el realizar un análisis económico del mismo: el análisis que determinará de forma aproximada su viabilidad y rentabilidad.

4.3.1 – Factores económicos

Para poder realizar el análisis económico de un proyecto de una célula flexible es necesario tener en cuenta un conjunto de factores económicos particulares, además de contar con una información previa sobre algunos datos básicos del proyecto.

Tipo de instalación

Seleccionar el tipo de instalación que resulte más beneficiosa según los criterios de inversión de la compañía.

El análisis resulta más sencillo, cuando los parámetros y tiempos de operación manual o robotizada son fácilmente comparables.

Datos básicos de coste

En cualquier proyecto de ingeniería, los datos básicos de coste a tener en cuenta se dividen en dos categorías: costes de inversión y costes de explotación.

Costes de inversión:

Los costes de inversión son aquellos costes necesarios para realizar la implantación física del sistema.

Costes de explotación:

Son aquellos costes derivados de la utilización directa de la célula. También se ha de tener en cuenta el ahorro o beneficios que la utilización del robot, o la automatización de forma general.

5 – APLICACIÓN: AUTOMATIZACIÓN DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO

Para realizar el ejemplo práctica de la implantación de seguridad en una célula automatizada, nos hemos basado en la aplicación creada por la dirección de automatización industrial de la empresa INISEL, descrita en un reportaje realizado por la “Revista española de electrónica”(Octubre de 1987, número 400)

Se adjunta como anexo una copia digitalizada del tal reportaje.

La automatización consiste en la adición de un robot de propósito general, tipo EI-25 desarrollado por la empresa INISEL, a la célula de fabricación compuesta por una máquina de fundición por el método de inyección y una prensa de desbarbado.

5.1 – Características del robot

El robot utilizado para la aplicación es el robot angular EI-25 de INISEL, del cual podemos ver sus características en la tabla 6.1

Características del robot angular EI-25 de INISEL	
Carga máxima	25 kg
Velocidad máxima	1 m/seg
Repetitividad	0,1 mm
Movimientos	5 ejes movidos por motores de corriente continua controlados por servo amplificadores

Tabla 5.1 – Características del robot EI-25



Figura 5.1 - Robot EI-25 de INISEL

El robot utilizado para la aplicación esta obsoleto, con lo que sería conveniente buscar un robot de propósito general de características similares, en el caso de que tuviéramos una avería en el robot y tuviéramos que sustituirlo.

El robot seleccionado puede variar en función de muchas condiciones, por lo que en la tabla 6.2 queda reflejado una comparativa entre 2 robots de 2 marcas distintas, y teniendo en cuenta que el robot ha de trabajar a altísimas temperaturas, debemos tener en cuenta principalmente la composición del mismo, que no debe de ser de plástico, ya que se fundiría.

Características	EI-25 INISEL	ABB IRB 4400 F	FANUC M-710iB/45
Carga máxima	25 kg	30 kg	70 kg
Velocidad máxima	1 m/seg	2,2 m/s	
Repetibilidad	0,1 mm	0.07-0.1 mm	+/- 0,15mm
Otras características importantes al uso	Robot pensado originalmente para la aplicación	El modelo IRB 4400F/L30 Está recomendado para aplicaciones de fundición	Recomendado para aplicaciones en fundiciones

Tabla 5.2 – Comparación entre robots de uso similar



Figura 5.2 - Robot M-710iB/45 de FANUC



Figura 5.3 - Robot IRB 4400 de ABB

Los robots antes mencionados, los modelos M-710iB/45 de FANUC y IRB 4400 de ABB, son considerados adecuados para trabajos en fundición debido a sus características de diseño.

Nos centraremos en el robot IRB 4400 de ABB para justificar nuestra elección.

Debido a que nuestro robot ha de trabajar en un ambiente un tanto agresivo, debido a las altas temperaturas a las que sales las piezas de la fundición, hemos de tener en cuenta ciertos aspectos de diseño de nuestro robot.

En lo referente al elemento terminal, ya de lo que se trata es de manipular una pieza a 700°C, (es decir, el robot no ha de estar en un entorno de 700°C, si no que trabaja a temperatura ambiente), no hay ningún problema en cuanto al elemento terminal a utilizar. No obstante, si que los dedos del elemento terminal han de tener la longitud adecuada para que la radiación de calor emitida por el objeto no exceda de la temperatura normal del funcionamiento del robot.

Los dedos del robot deben de estar acoplados a una pinza, probablemente neumática con los debidos materiales de aislamiento, teniendo en cuenta que, al igual que el robot, esta pinza también trabaja dentro de sus condiciones normales de trabajo.

En el caso de que esta pinza estuviera fuera de las condiciones de funcionamiento, el diseño de la pinza debe ser más específico.

El robot IRB 4400 está protegido mediante IP 67, siendo impermeable debido a su estanqueidad, incluso a los líquidos más agresivos, como los aceros fundidos o los ácidos más corrosivos.

5.2 – Características de las células a automatizar.

Las células a automatizar son de dos tipos:

- Células manuales
- Células parcialmente automatizadas.

5.2.1 – Células manuales

En el caso manual, la pieza es tomada por un operario por medio de una herramienta del tipo de tenazas y se almacena en una cinta transportadora para su enfriamiento hasta una temperatura de unos 70 °C, en que la fundición deja de ser quebratizada. Una vez a esta temperatura, la pieza es tomada por otro operario que la sitúa en una prensa, que dejará las piezas libres de las rebabas que se producen en la fundición por un manipulador hidráulico que coloca igualmente las piezas en la cinta transportadora.

5.2.2 – Células parcialmente automatizadas

La máquina fabrica la pieza a partir de aluminio fundido que se mantiene a unos 700°C en un horno solidario a la máquina y es introducido por una especie de cazo mecánico en el molde de inyección.

En un tiempo de unos 20/30 segundos, la pieza, de un peso entre 2 y 3 kg, está lo suficientemente fría (a unos 300°C) para haberse solidificado perfectamente. Una puerta se abre automáticamente y la pieza es presentada al exterior por medio de unos expulsos.

5.3 – Automatización de las células

La automatización de esta célula se ha realizado en 2 fases:

5.3.1 – Primera fase

La misión del robot ha sido simplemente tomar las piezas de la máquina de fundición y colocarlas en la cinta transportadora. Es evidente que para esta única fundición no sería rentable el robot, aunque se consignan ciertas mejoras con respecto a la solución con manipulador, como son:

Mejoras de la célula

- a) Mejor adaptación a la diversidad de piezas
- b) Posibilidad de que el robot coloque las piezas sobre la cinta transportadora en forma paletizada, en dos o más filas de varias capas de piezas con lo que se aprovecha mejor la cinta transportadora, consiguiéndose un mayor enfriamiento para el mismo tamaño de cinta y mayor almacén que hace de pulmón elástico para el operario de la prensa, que se puede dedicar a otras funciones, como pueden ser tiempos libres para descanso, puesto que el robot controla por su cuenta el funcionamiento de la cinta transportadora.

Ventajas

- a) Ésta posibilidad de almacenar piezas sin necesidad de supervisión
- b) Hace que las máquinas de fundición se paren menos veces
- c) Menos rechazos de piezas en el control de calidad, al permanecer constante la temperatura de las máquinas.
- d) Disminución el número de posibles averías de fundición.

Funcionamiento

- a) Las piezas son soltadas sobre la cinta siempre desde la misma altura, evitándose la posible deformación y por lo tanto rechazo en el posterior control de calidad, cosa que puede darse con el manipulador, que suelta las piezas siempre desde el mismo punto
- b) El robot puede dialogar con el entorno, moviendo por ejemplo la cinta transportadora, parándose y a la vez haciendo parar la máquina de fundición cuando se abre la puerta de protección y continuando la operación al cerrarse ésta.

Por otra parte el robot puede integrarse en un control común con las futuras máquinas de producción en que las fases del movimiento dependen de ciertos parámetros, como la velocidad y la temperatura. En este aspecto podemos hablar de una instalación de autómatas en red, en la que cada autómata gobierna una misma célula, en comunicación transparente con el armario de control de los robots integrantes de la célula, y un pc que supervisa y monitoriza todos los eventos y operaciones que se realicen.

También tenemos la posibilidad de comunicación con el exterior y esto es una ventaja para una integración en un sistema control de la producción de la factoría.

5.3.2 – Segunda fase

La implantación, el propio robot se encarga de colocar las piezas extraídas sobre la prensa de desbarbado con lo que se cierra el ciclo de la automatización de la célula de producción.

Esta célula contiene los elementos ya descritos más una cubeta de enfriamiento, cuya necesidad deriva de que al tener acceso el robot a la prensa, ésta tiene que estar como mucho más cerca y el enfriamiento no puede estar basado en una cinta transportadora, aparte que las cintas carecen de la precisión que requiere esta aplicación.

La cubeta tiene adosados un par de posicionadores muy simples donde el robot coloca alternativamente las piezas a enfriar, de forma que suelta la pieza en el posicionador.

Ventajas

- a) El robot no pierde tiempo sujetando la pieza mientras se enfría
- b) Se consigue que el robot no tenga la necesidad de tener 6 grados de libertad, puesto que el robot deja la pieza en posición vertical, y la recoge en posición horizontal.

5.4 – Funcionamiento final de la célula de producción de piezas de aluminio

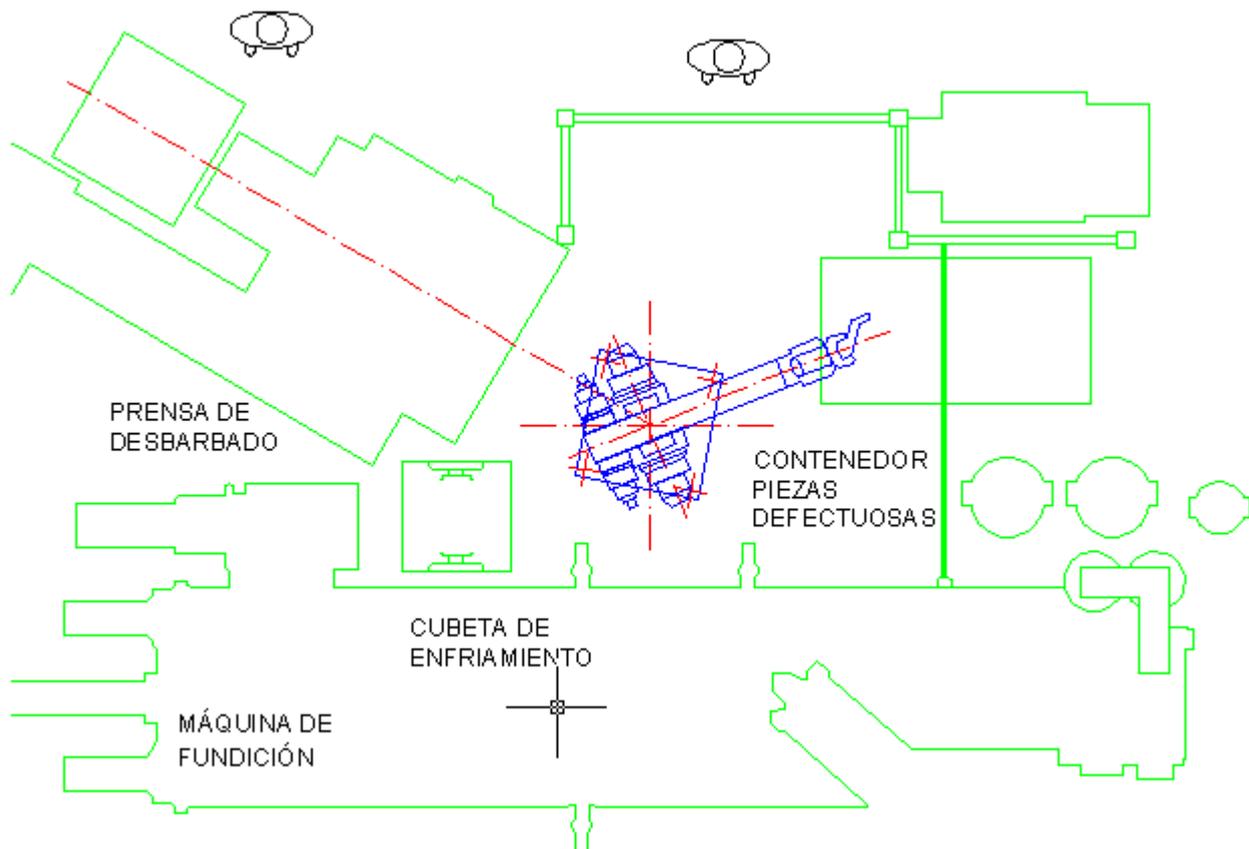


Figura 5.4 – Disposición de la célula original sin asegurar

En la imagen anterior podemos observar la disposición de los elementos que conforman la célula de producción de piezas de aluminio, que son los siguientes:

Máquina de fundición

En este proceso el material usado, en estado líquido, es inyectado a presión en el molde. Este último está formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros. La pieza solidificada se extrae del molde y se enfría para su posterior desbarbado. El molde, una vez limpio de residuos de restos de metal y adecuadamente lubricado, puede ser usado de nuevo.

Cubeta de enfriamiento

Las piezas salen de la máquina de fundición a una temperatura de 700°C, y el robot se encarga de llevarla a la cubeta de enfriamiento, donde, una vez a una temperatura de 300 °C, es de nuevo transportada por el robot a la prensa de desbarbado.

Prensa de desbarbado

El desbarbado consiste en la eliminación de rebabas de la pieza de metal o plástico, procedentes de un proceso anterior (fundición, estampación, etc.). Esta operación se realiza manualmente con una esmeriladora o fresa, dependiendo la herramienta de las características del material a desbarbar

Un robot dedicado al desbardado porta la herramienta o la pieza, según la aplicación, haciendo entrar ambas en contacto. La herramienta debe seguir el contorno de la pieza, que en muchas ocasiones es complejo, con elevada precisión en su posicionamiento y velocidad. Por este motivo se precisan robots con capacidad de control de trayectoria continua y buenas características de precisión y control de velocidad. Además, puesto que las rebabas con que vienen las piezas presentan formas irregulares, conviene que el robot posea capacidad para adaptarse a éstas mediante el empleo de sensores o el desarrollo de un elemento terminal del robot auto adaptable.

En definitiva, para sintetizar el papel del robot en la célula, podríamos decir que su papel es el de llevar las piezas de la máquina de fundición a la prensa de desbardado, una vez enfriadas en la cubeta de enfriamiento, para entonces analizar su calidad, y, en función de esta, ser depositada en una cinta transportadora (en el caso de las piezas buenas) o bien en un contenedor de piezas defectuosas (en su defecto).

Mejora en la célula

Se ha pensado en la posibilidad de sustituir al operario encargado de la prensa de desbardado por otro robot, dejando así la tarea de desbardado al nuevo robot integrante de la célula.

En el desarrollo de la seguridad de la célula se contemplará que ésta consta de 2 robots.

- Robot 1
Encargado de coger las piezas que vienen de la fundición
- Robot 2
Encargado de realizar la tarea de la prensa de desbardado

6 – DISEÑO DE LA SEGURIDAD DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO

Cuando se diseña una máquina, deben analizarse los riesgos potenciales y, cuando sea preciso, debe incorporarse una protección adicional con el fin de proteger a los usuarios contra riesgos residuales debidos a peligro de: aplastamiento, cizallamiento, corte, pellizcado, bloqueo, atrapado, fricción o abrasión, perforación o pinchazos, choque eléctrico o seccionamiento, etc.

El diagrama de flujo expuesto a continuación nos indica rápidamente si es o no recomendable la utilización de un dispositivo de protección.

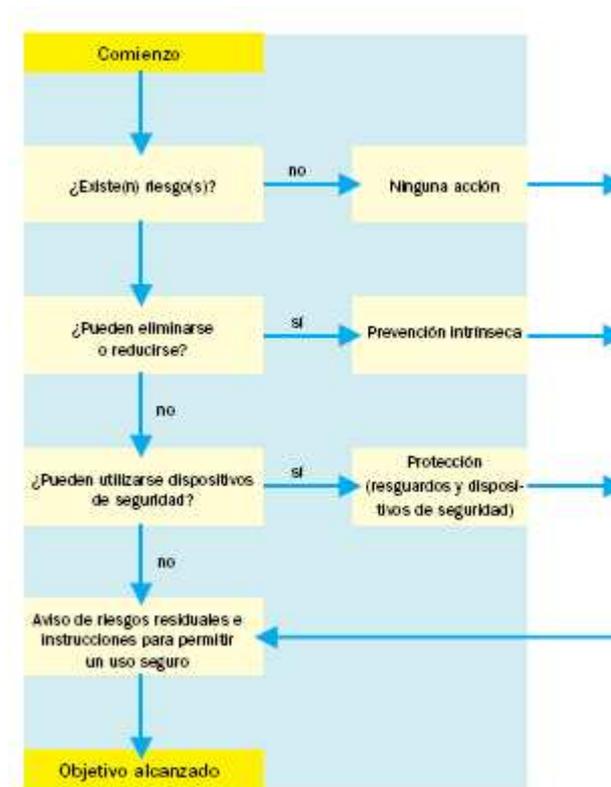


Figura 6.1 – Diagrama de flujo – evaluación de riesgos de una máquina

Para la elaboración de la seguridad de la célula expuesta en el apartada anterior, seguiremos convenientemente los pasos indicados en el diagrama de flujo, contemplando todos los casos posibles.

6.1 – Eliminación o reducción de riesgos. Prevención intrínseca

La prevención intrínseca de los elementos integrantes de la célula se corresponde con la tratada ya en el punto 3, y concierne a las especificaciones de diseño de la máquina, tales como el robot, la máquina de fundición, o la misma célula de fabricación.

Entendemos que el fabricante ya ha tomado y aplicado las medidas adecuadas para prevenir peligros tales como:

- Evitar peligros
 - o Evitar salientes, aristas cortantes, ángulos agudos.
 - o Mecanismos intrínsecamente seguros
 - o Limitación de esfuerzos mecánicos
 - o Resistencia de materiales
 - o Tecnologías o fuentes de alimentación intrínsecamente seguras
- Limitar la exposición
 - o Aumentar la fiabilidad de los componentes
 - o Mecanización y automatización de operaciones
 - o Puntos de operación y reglaje fuera de las zonas de peligro
- Aplicar diseños de ergonomía
- Diseño de los sistemas de mando
- Diseño de equipos neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

Suponemos que los fabricantes son los encargados de reducir los riesgos de la máquina en sí, mediante la prevención intrínseca.

En la célula de producción de piezas de aluminio el operario está expuesto a peligros como:

- Colisión con el robot
- Salpicaduras de metal fundido

Es por eso que consideramos que la célula sigue siendo insegura para el operario y se han de tomar ciertas medidas de seguridad extrínsecas.

6.2 – Eliminación o reducción de riesgos. Prevención extrínseca.

El siguiente paso en el diseño de la seguridad de la célula, una vez realizada la prevención intrínseca correspondiente al diseño de cada máquina y del mismo entorno de la célula, pasaremos a la siguiente parte. Prevención extrínseca.

En nuestro caso, la prevención extrínseca se basará en la selección de los dispositivos de seguridad adecuados para nuestra célula, con la finalidad de proporcionar un entorno seguro para el operario en cualquiera de los casos en el que pueda estar en peligro con su entorno.

Debido a las diversas soluciones constructivas, sugeriremos diversas soluciones aplicables a la célula, y sus diversos presupuestos para ver cual de ellas es más económica.

6.2.1 – Análisis de las zonas de riesgo de la célula automatizada

Célula Flexible de producción de piezas de aluminio sin asegurar

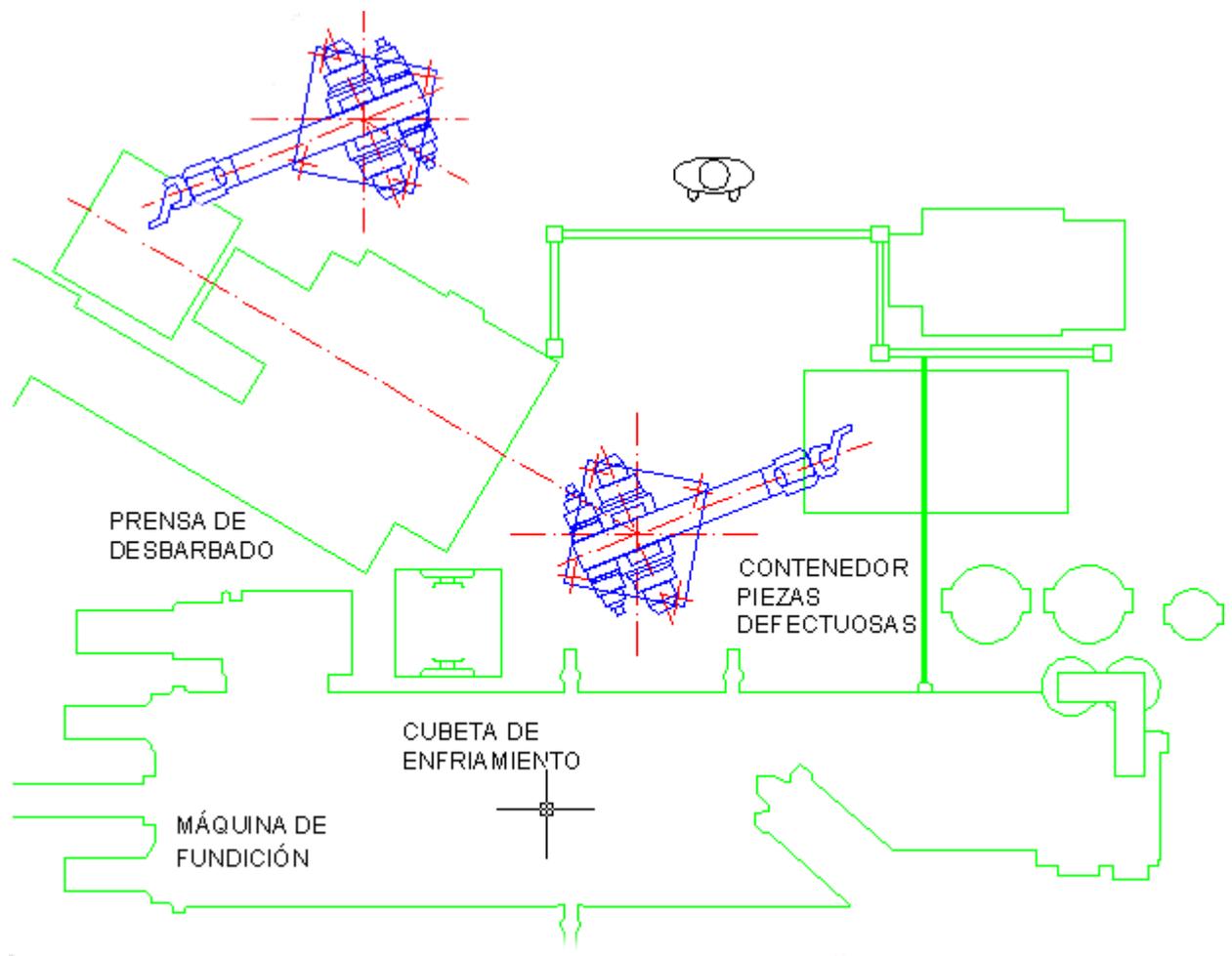


Figura 6.2 – Representación de la célula flexible sin asegurar

Zonas de riesgo para el operario

Tenemos 4 zonas delimitadas que suponen un riesgo para el operario.

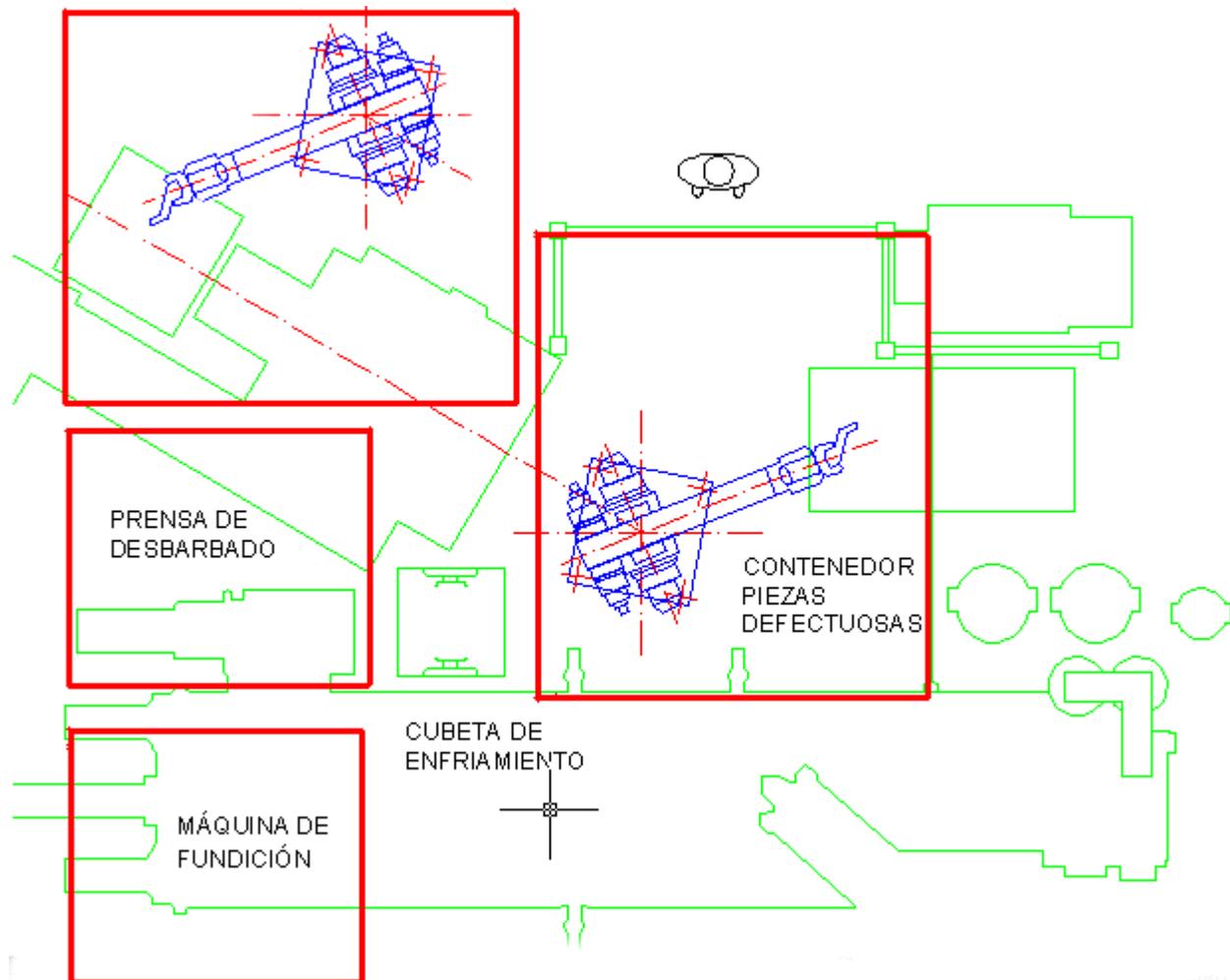


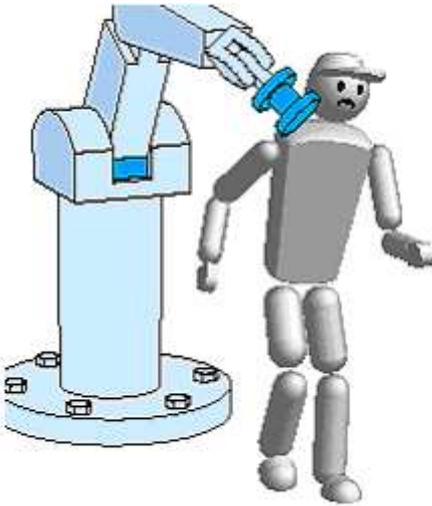
Figura 6.3 – Zonas de riesgo de la célula

La declaración de las zonas de riesgo será la siguiente:

- Zona 1
Zona interna del volumen ocupado por el robot encargado de la máquina de fundición.
- Zona 2
Zona interna del volumen ocupado por el robot encargado de la prensa de desbarbado
- Zona 3
Espacio entre máquinas
- Zona 4
Máquina de fundición

ZONA 1 y 2: Zona interna del volumen ocupado por el robot

Posible accidente en la zona interna del volumen ocupado por el robot



Si el operario entra en la zona de operación del robot, sea para llevar a cabo tareas de mantenimiento, o de supervisión, o simplemente por casualidad, se ve expuesto al peligro que conforma el movimiento del robot en su área de trabajo.

Figura 6.4 – Posible accidente en la zona de mantenimiento del robot

Solución número 1: Célula fotoeléctrica + suelo sensible a presión + botonera

La primera solución constructiva para la seguridad de la zona de mantenimiento del robot es la combinación de barreras inmateriales (es decir, una célula fotoeléctrica que detecte el paso del operario desde el exterior) y un suelo sensible a presión en el interior del área de mantenimiento del robot.

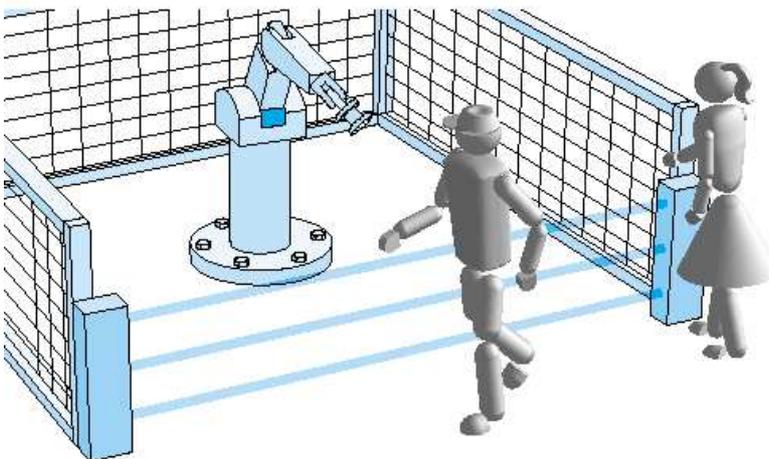


Figura 6.5 – Representación de una barrera inmaterial

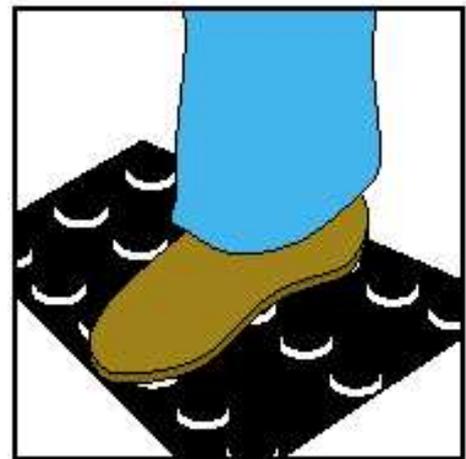


Figura 6.6 – Representación del suelo sensible a presión

Para evitar que el robot se ponga en funcionamiento cuando el operario se encuentre dentro de su volumen de trabajo, será necesario el uso de una botonera para reactivar el funcionamiento del robot, o de los robots, una vez el operario haya salido de la zona de peligro.

Definitivamente, la disposición de la célula una vez asegurada sería la siguiente

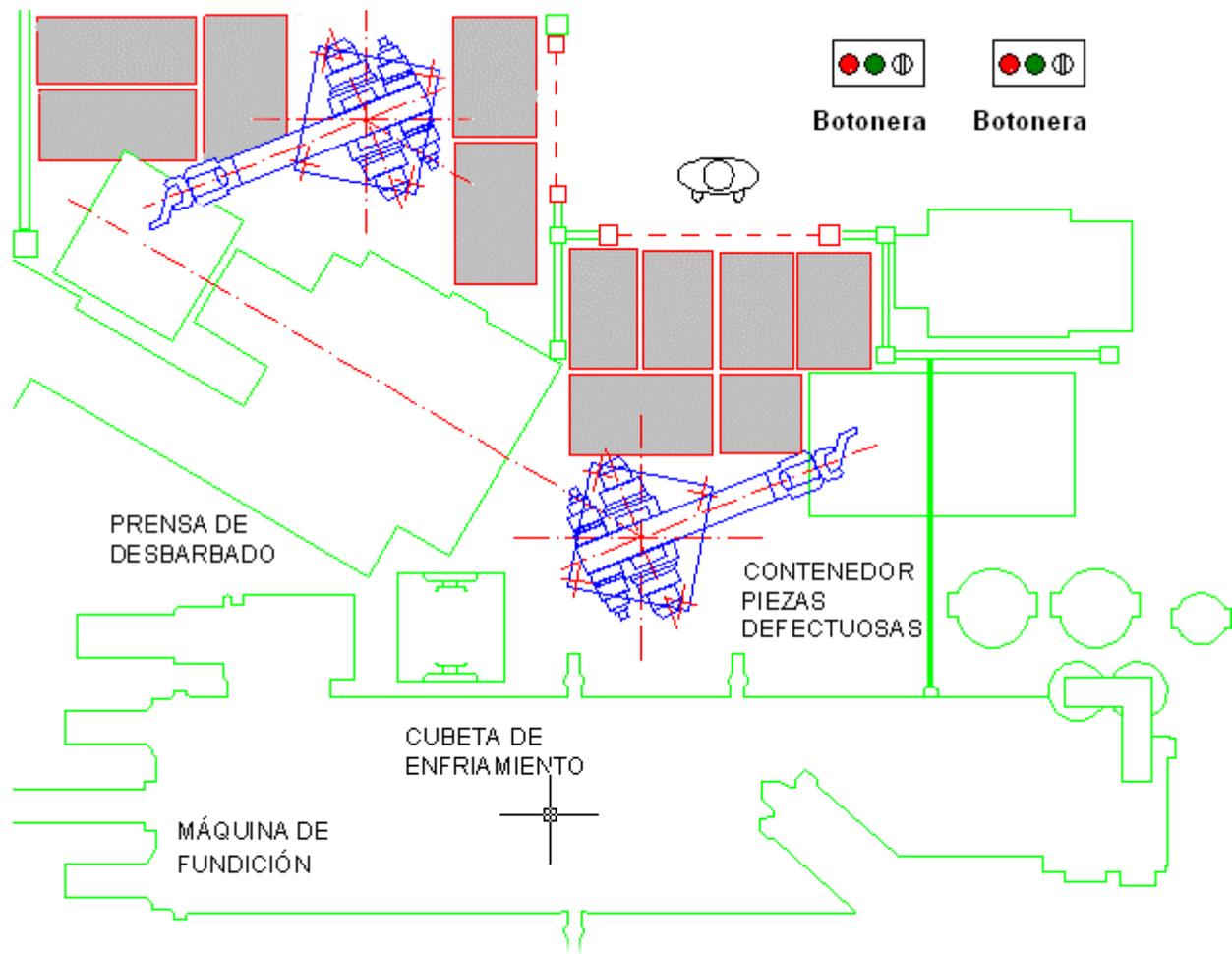


Figura 6.7 – Célula asegurada de acuerdo con la solución número 1

Como podemos observar, el operario ha de atravesar la célula fotoeléctrica (o barrera inmateral) para poder acceder al área de mantenimiento del robot, donde se encontrará con el suelo sensible que le detectará una vez dentro.

Se contempla el caso de que la célula fotoeléctrica pudiera fallar, o que alguien salvara al obstáculo que supone, quedando siempre el suelo sensible a presión para detectar al operario una vez dentro del área de mantenimiento.

Solución número 2: Barrera material + puerta + interruptor de enclavamiento + botonera



Figura 6.8 – Representación del vallado de seguridad de una célula robotizada

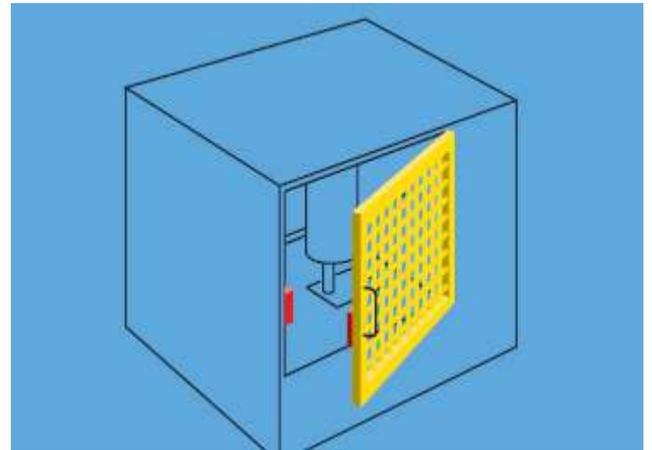


Figura 6.9 – Detalle del interruptor de autoenclavamiento

La segunda solución sería la combinación de vallas físicas con puertas para el acceso a la zona de peligro. Éstas puertas tienen la característica de tener unos interruptores de enclavamiento, que impiden su apertura en el caso de que la máquina no se encuentre parada, o se encuentre en un estado definido como “seguro”.

En nuestro caso, el operario ha de pulsar la parada de emergencia mediante la botonera, para así desactivar los interruptores de enclavamiento y entrar en la zona de peligro.

En el caso de que la puerta se cierre, el operario siempre estará seguro dentro de la zona de peligro, ya que hasta que se desenclave la parada de emergencia y se haga un rearme, la máquina no se pondrá de nuevo en marcha.

El hipotético caso de que alguien realice un rearme cuando un operario se encuentra dentro de la zona de peligro, es considerado un fallo grave humano.

Definitivamente, la disposición de la célula una vez asegurada sería la siguiente

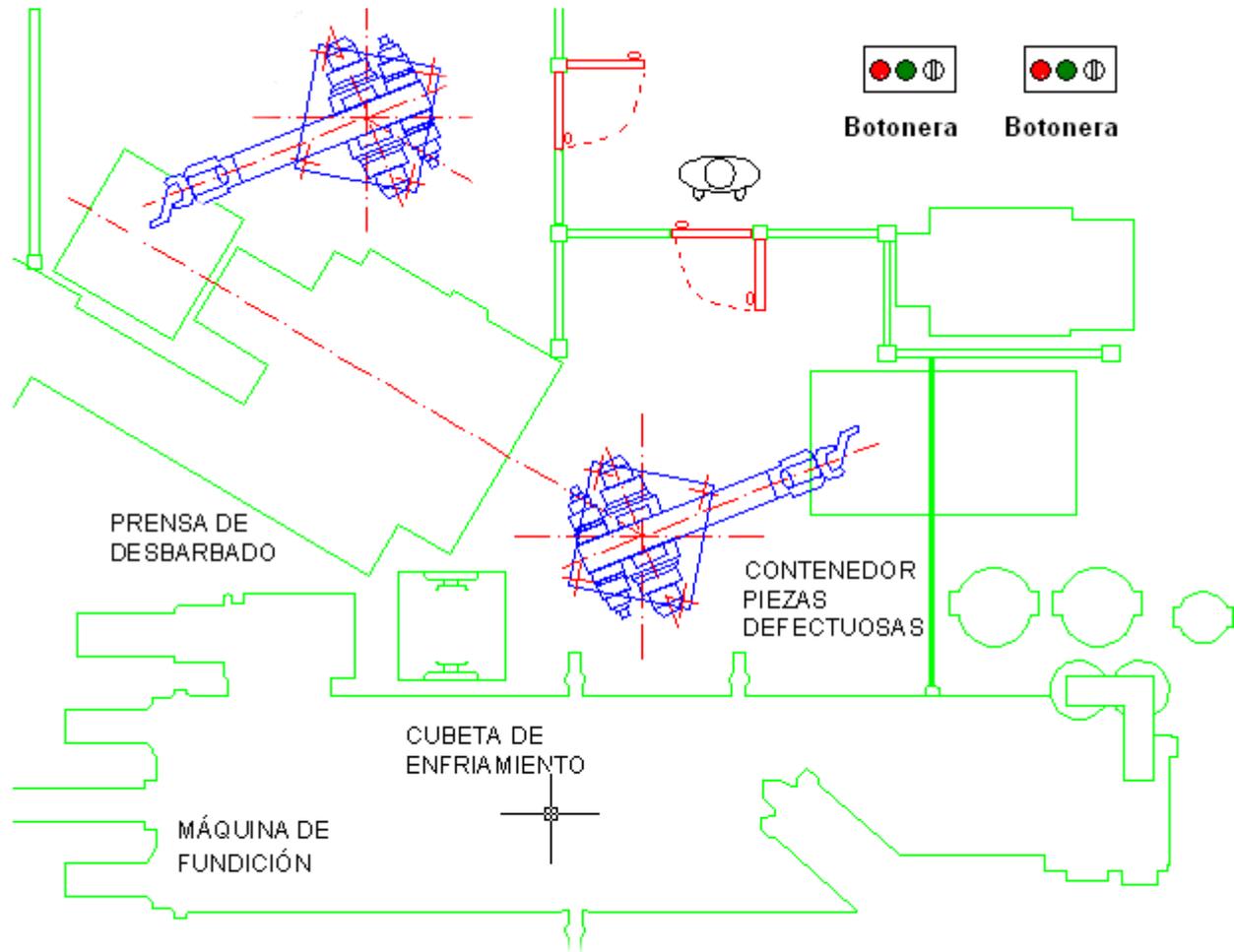


Figura 6.10 – Célula asegurada de acuerdo con la solución número 2

ZONA 3: Espacio entre máquinas

En esta zona hemos de tener en cuenta las distancias entre máquinas, el radio de acción del robot, y además es una zona en la cual esta entre la maquina de fundición y la prensa de desbarbado.

Esto implica que no se ha de tener acceso desde fuera, por lo tanto hay dos soluciones.

- Ajustar las máquinas al máximo para que nadie tenga acceso.
- mantener la maquinaria a una cierta de distancia de prevención, tanto para que pueda acceder el personal de mantenimiento, como para que puedan disipar el calor que desprenden debido a su funcionamiento. En este caso colocaríamos una barrera material entre las máquinas que cubriera toda la distancia de éstas, salvando así este espacio peligroso para el operario.

En este caso (b), existen dos soluciones.

Solución 3: Impedir acceso a zona entre máquinas. Barrera material

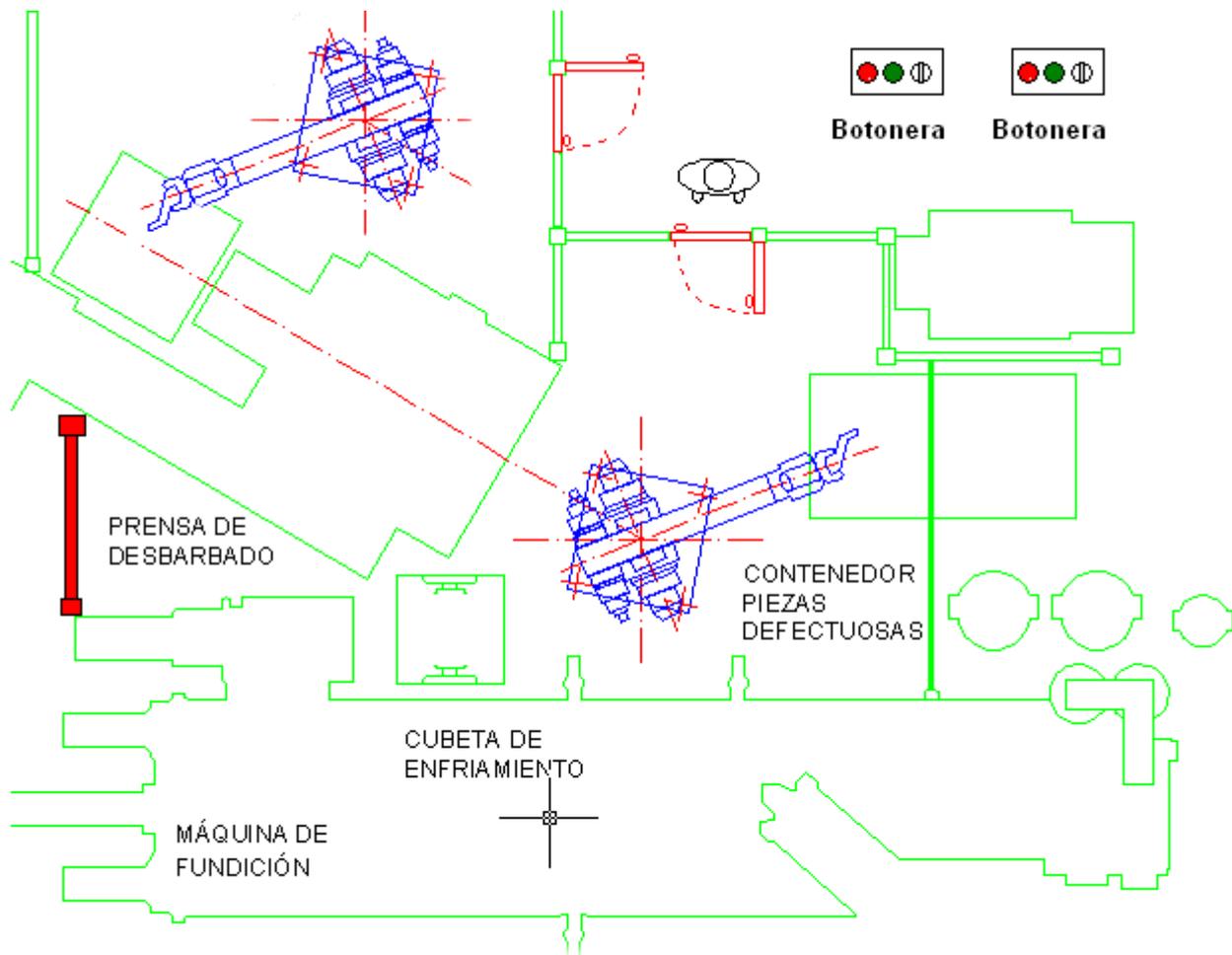


Figura 6.10 – Célula asegurada de acuerdo con la solución 2 y la solución 3

Solución 4: El acceso a zona entre máquinas es necesario. Suelo sensible

En el caso de que el acceso a la zona entre máquinas sea necesario, se instalará suelo sensible en la zona de peligro, para así, una vez el operario dentro, las máquinas circundantes actúen de manera segura

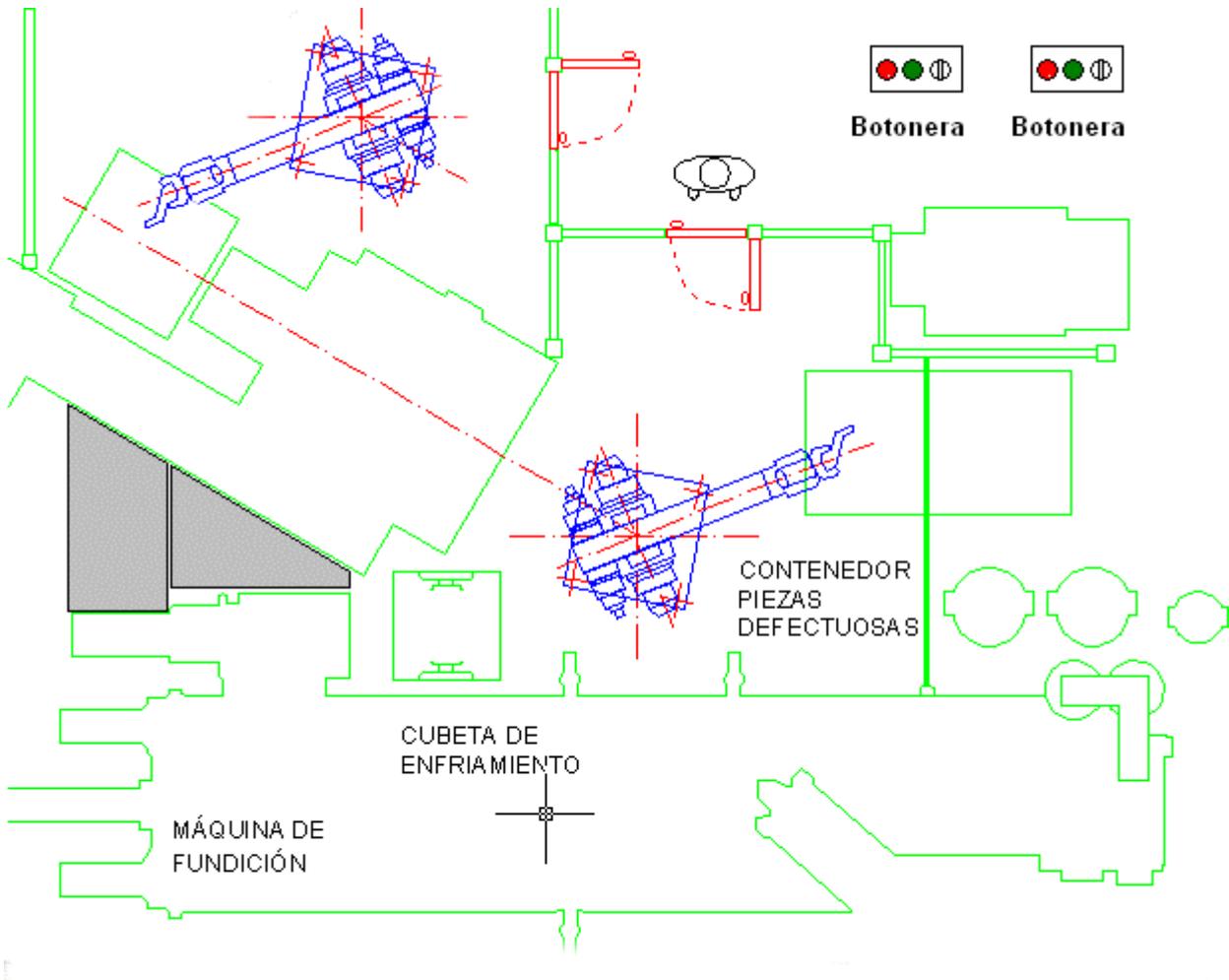


Figura 6.11 – Célula asegurada de acuerdo con la solución 2 y la solución 4

ZONA 4: Malfuncionamiento de la máquina de fundición

En el hipotético caso de que la máquina de fundición tenga un fallo, el sistema de control parará por completo el funcionamiento de la célula, indicando un señal de emergencia para que el operario encargado de la máquina de fundición se encargue de su reparación.

En este caso, debemos tener en cuenta el equipo de protección personal con el que el operario debe de estar equipado.

La gran mayoría de daños a los pies se deben a la caída de objetos pesados. Es fácil conseguir zapatos de seguridad que protejan en contra de esa clase de riesgo. Esa clase de zapatos pueden conseguirse en tamaños, formas, y estilos, que a la vez se adaptan bien a diferentes pies, y además tienen buen aspecto. Por la aparente vulnerabilidad de los dedos, manos y brazos, con frecuencia se deben usar equipos protectores, tales equipos como el guante y de acuerdo a sus materiales y sus diversas adaptaciones hacen que tengan un amplio uso de acuerdo a las consideraciones correspondientes a su aplicación.

La protección de la cabeza y cara es también importante en casos como el de la fundición, ya que el obrero se puede ver expuesto a lesiones graves por quemadura. Proteger las vías respiratorias en ambientes peligrosos también es una recomendación.

Tipo de equipo	Características del equipo
Calzado	es un botín diseñado con ligas elásticas a sus lados para evitar la entrada de chispas o rociados de metal fundido
Dispositivos de protección de dedos, manos y brazos	Guantes elaborados en telas metálicas son aquellos que se usan en trabajos como soldadura en grandes cantidades y en trabajo de manejo de metales en estado de fundición
Cinturones de seguridad	No necesarios para la aplicación
Dispositivos de seguridad para la cabeza	Cascos en forma de sombrero o de gorra (clase D) Dispositivos de protección auditivos Dispositivos de protección facial y visual (pantallas de metal) Lentes o gafas anti resplandor y anti impacto
Dispositivos respiratorios	Respiradores de filtro mecánico para el polvo proveniente del aluminio.

Tabla 6.1 – Dispositivos de protección personal del operario encargado de reparar la máquina de fundición

Una vez completado el diseño de la seguridad, nos realizamos una pregunta con la finalidad de pensar en una posible mejora de la célula.

El hecho de implementar botoneras de seguridad, ¿Implica la necesaria presencia de un PLC?

La respuesta depende del número de entradas y salidas que nuestro sistema contenga.

Para un número elevado de entradas y salidas, se considera adecuado el uso de un PLC, debido a la complejidad de la lógica cableada que eso conllevaría.

La inclusión de un PLC en el sistema también es provechosa, debido al hecho de que, en el caso de una posible ampliación, o en el mismo caso de querer interconectar diferentes células con el mismo propósito, podríamos diseñar una red de PLC's esclavos, cada uno correspondiente a una misma célula, controlados por un PLC maestro mediante una red de comunicaciones (profibus, ethernet, etc...)

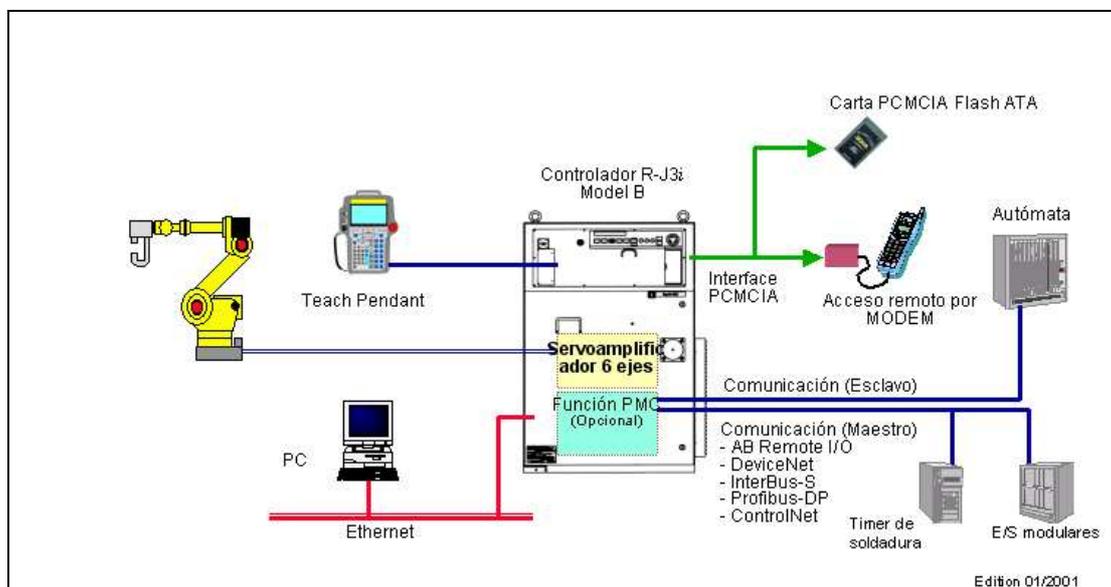


Figura 6.12 – Esquema de conexión ejemplo entre robot, botonera, red de comunicaciones, plc i armario de control

7 – COMPONENTES DEL MERCADO APLICABLES AL DISEÑO DE SEGURIDAD

7.1 – Barreras ópticas de seguridad

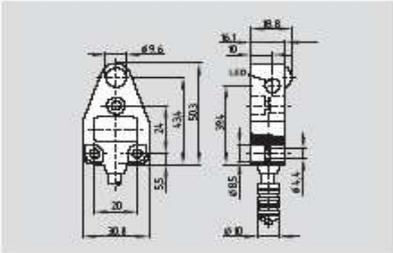
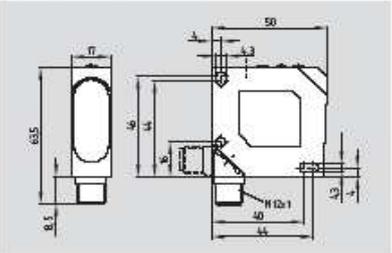
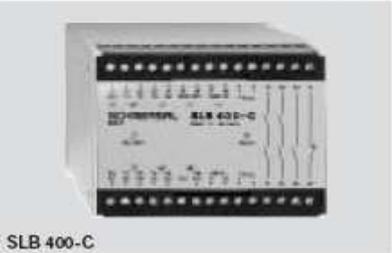
SLB 200	SLB 400	Accesorios
		
		
<p>Características</p> <p>U_E: 24 VCC \pm 20%</p> <p>Categoría de control: 2 (sólo en combinación con SLB 200-C)</p> <p>Protección: IP 67</p> <p>Conexionado: Emisor: 10cm conductor, M 8 x 1, zócalo de 3 polos Receptor: 10 cm conductor, M 8 x 1, zócalo de 4 polos</p> <p>Longitud máxima del cable: 50 m</p> <p>Tiempo de respuesta: 30 ms (sólo en combinación con SLB 200-C)</p> <p>Alcance: 4 m</p> <p>Ángulo del haz óptico: \pm 4°</p> <p>Tamaño min del objeto: 9 mm \varnothing</p>	<p>Características</p> <p>U_E: 24 VCC \pm 20%</p> <p>Categoría de control: 4 (sólo en combinación con SLB 400-C)</p> <p>Protección: IP 67</p> <p>Conexionado: M 12 x 1, zócalo de 4 polos, permite rotación</p> <p>Longitud máxima del cable: 100 m</p> <p>Tiempo de respuesta: 25 ms (sólo en combinación con SLB 400-C)</p> <p>Alcance: 15 m</p> <p>Ángulo del haz óptico: \pm 2°</p> <p>Tamaño min del objeto: 13 mm \varnothing</p>	<p> SLB 200 Conector M 8 x 1 (con cable)</p> <p> SLB 400 Conector M 12 x 1 (con cable)</p>
<p>Normas: IEC/EN 61496</p>	<p>Normas: IEC/EN 61496</p>	
<p>Aceptaciones: F CE</p>	<p>Aceptaciones: H CE</p>	
<p>Detalles en Pedidos</p> <p>Emisor: SLB 200-E31-21 Receptor: SLB 200-R31-21</p>	<p>Detalles en Pedidos</p> <p>Emisor: SLB 400-E50-21P Receptor: SLB 400-R50-21P</p>	<p>Detalles en Pedidos</p> <p>Módulos de control de Seguridad (pág. 68): SLB 200-C04-1R Módulos de control de Seguridad (pág. 68): SLB 400-C10-1R Conector M 8 x 1 SLB 200 Emisor: KDE M8-3-2m KDE M8-3-5m Receptor: KDR M8-4-2m KDR M8-4-5m Conector M 12 x 1 SLB 400 (Emisor y Receptor): KD M12-4-2m KD M12-4-5m</p>

Figura 7.1 – Detalle del catálogo de Font Valls
Barrera óptica de seguridad

Las barreras de seguridad BX... se instalan en máquinas que pueden conllevar un riesgo cualquiera para el operario.

Las barreras de seguridad BX... fueron desarrolladas en acuerdo con las normas sobre la seguridad de máquinas y su entorno (EN 60 204 - EN 954 - Pr EN 61 496 Parte 1 & 2).

Dispone de un autocontrol permanente y de 2 relés de salida a contactos guiados.

Un cierre de relés a la puesta en tensión evita un arranque intempestivo de la máquina.

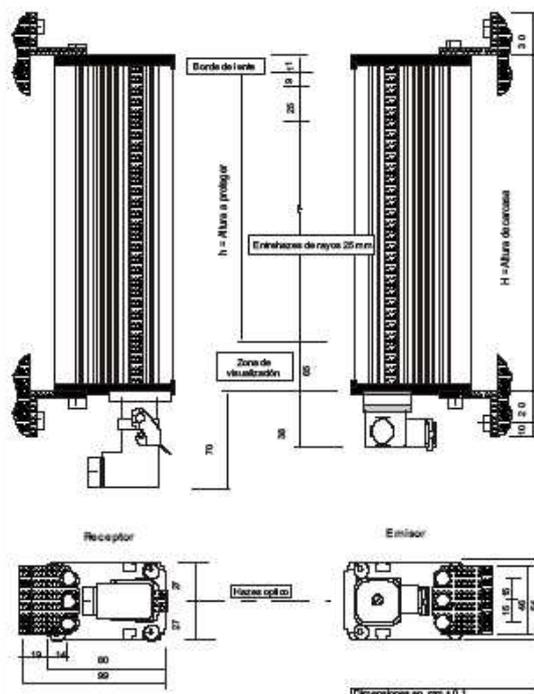
Una entrada test está también disponible y permite así al usuario simular un fallo de intrusión en la zona de peligro.

Una carcasa robusta de aluminio de pequeño tamaño y protegido por una pintura de epoxy, sin cable de unión entre el emisor y el receptor, facilita la instalación y se adapta así perfectamente al entorno industrial.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación	230 Vca ± 10 % Frecuencia 50 Hz
Consumo	15 Va máximo
Compatibilidad CEM	Producto marcado C/F
Fuente de Luz	Emisión INFRAROJOS modulados
Utilización	De 0'2 a 8 metros
Altura detectable	De 0'2 a 1'6 metros (ver tabla)
Entreheces de rayos	25 mm (objeto mínimo detectable 35 mm)
Salida	A 2 relés independientes pegados a rayos pasantes
Potencia	3 A / 220 Vca en carga resistiva (2 contactos NO)
Vizualización	Led verde encendido a rayos pasantes - Campo libre Led rojo encendido a rayos cortados - Campo oculto Led amarillo encendido a rayos pasantes - relés cerrados
Autocontrol	el autocontrol es permanente
Cierre	Cierre de los relés de salida a la puesta en tensión
Entrada test	La apertura de esa entrada provoca la caída de los relés
Tiempo de respuesta	15 mS a la ocultación 10 mS al restablecimiento
Temperatura	de -20 ° a +50 ° C
Carcasa	Metal protegido por Epoxy
Estanqueidad	IP 65
Fijación	Por escuadras asegurando un reglaje en sitio de ± 10 %
Conexión	Por conectores
Seguridad	Clase 3



Altura a proteger : h	Altura de Carcasa : H	Numero Heces	Referencia requerida	Referente de ángulo	Altura del Espejo X
252	315	9	BX3028	MR0001	310
452	515	17	BX3048	MR0002	550
652	715	25	BX3068	MR0003	790
852	915	33	BX3088	MR0004	1020
1052	1115	41	BX3108	MR0005	1110
1252	1315	49	BX3128	MR0006	1310
1452	1515	57	BX3148	MR0007	1510
1652	1715	65	BX3168	MR0008	1730

Manual completo disponible
Precisar referencia : NC BX3. 11.98

Las barreras inmatriciales tipo BX3 ...
disponen de la homologación de examen
CE de clase, bajo el n°0080.510.0022.11.98
Ortorgado por INERIS

Automática Electrónica y Control, S.L. - Pere IV, 29-35 6è 4a 08028 Barcelona - Tel 934 850 034 - Fax 934 850 296 info@automatica-elec.es

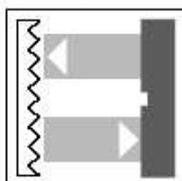
Figura 7.3 – Detalle del catálogo de TECTRA
Fotocélula de seguridad

Serie -F8



Sensor fotoeléctrico de barrera por reflexión

OCS5000-F8-UK
OCS5000-F8-UKT



5000 mm



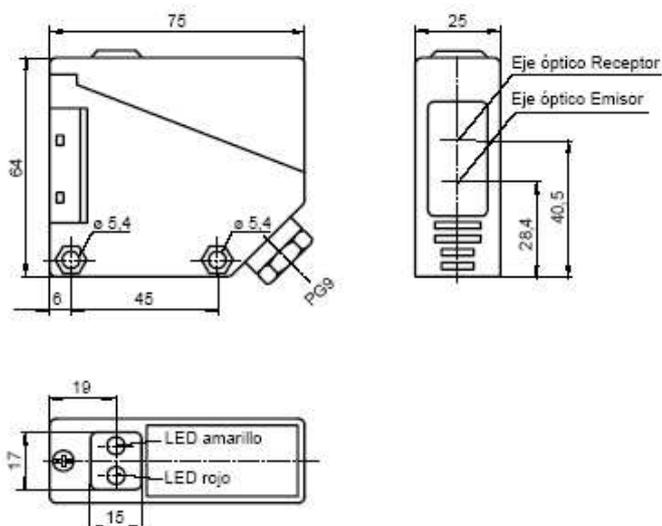
Características

- Conmutación claro/oscuro, seleccionable
- Tensión alterna/continua
- Luz roja
- Display/Indicación de recepción
- Antireflectante mediante el filtro polarizador
- Compartimento de terminales
- Reflector y Ayuda de montaje, incl. en suministro
- Salida aviso de fallo previo/Display (estático)
- Salida relé

OCS5000-F8-UKT:

- Función del timer/temporizador

Dimensiones



Conectores, ayudas de montaje, etc., ver capítulo "Accesorios".

p.ej., conectores: V15-G-2M-PVC (rectos)
V15-W-2M-PUR (acodados)

Conexión eléctrica

UK / UKT:

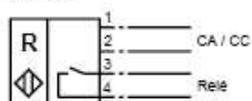
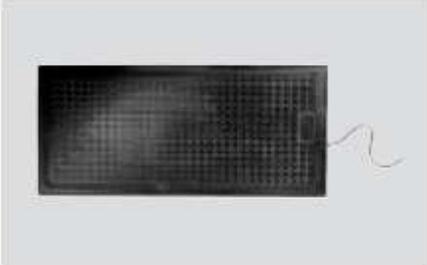
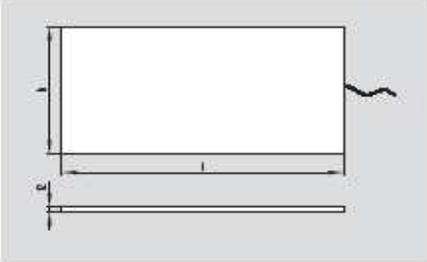


Figura 7.3 – Detalle del catálogo de Pepper+Fuchs
Sensor de barrera fotoeléctrica

7.2 – Suelo sensible a presión

SMS 3

Características

Material de superficie:	Plastisol
Categoría de control:	3, sólo en combinación con AZR
Protección:	IP 67
Temperatura ambiente:	+ 5 °C ... + 50 °C
Espesor:	12 mm
Fuerza de accionamiento:	≤ 300 N, Ø 80 mm
Longitud del cable:	6 m
Tiempo de respuesta:	≤ 30 ms
Carga permisible:	2000 N/cm ²
Área inactiva:	0 ... 30 mm del rincón 100% activa con las juntas de perfil
Peso:	Aprox. 18 kg/m ²
Resistente a químicos:	
Agua:	Excelente
Ácidos minerales:	Buena a excelente
Ácidos orgánicos:	Buena a excelente
Alcohol:	Buena
Aldehidos:	Buena a excelente
Ácidos:	Buena a excelente
Parafinas:	Media a buena
Aceites:	Buena

Normas:
EN 1760-1

Aceptaciones:
E CE

Detalles en Pedidos

SMS 3 ①	Nº.	Sustituye	Descripción
①	25-50		b x l 250 x 500 mm
	50-50		500 x 500 mm
	50-100		500 x 1000 mm
	75-100		750 x 1000 mm
	100-100		1000 x 1000 mm
	100-150		1000 x 1500 mm
Bajo demanda, se puede disponer de medidas especiales.			

Accesorios



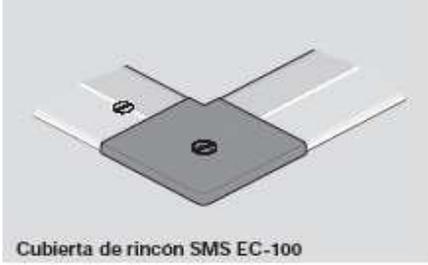
AZR 11 RT2



AZR 31 R2



Perfil de banda SMS P-100



Cubierta de rincón SMS EC-100

Detalles en Pedidos

Módulos de control de Seguridad (pág. 61):	AZR 11 RT2
Módulos de control de Seguridad (pág. 61):	AZR 31 R2
Junta de perfil (3 m de largo):	SMS P-100
Cubierta de rincón:	SMS EC-100

Figura 7.4 – Detalle del catálogo de OMRON
Suelo sensible a presión – Alfombra de seguridad

7.3 – Interruptores de seguridad

Safety locks prevent movable safety devices, in conjunction with the control system, from being moved until the hazardous conditions no longer exists. Depending on the product range, mechanical or electrical interlocks are available.



	i10 Lock	i14 Lock	i100 Lock
Switching element			
Positively driven NC contact NO contact (+ door contact)			
Switching principle	Slow-action switch	Slow-action switch	Slow-action switch
Current, max. [A] at 230VAC	6	2	6
Contact material	Silver alloy, gold-plated	Silver alloy	Silver alloy, gold-plated
Environment			
Mechanical lifecycles, min.	10 ⁶	10 ⁶	2x10 ⁶
Ambient temperature [°C]	-20 to +80	-20 to +60	-25 to +80
Housing material	Glass-reinforced thermoplastic	Glass-reinforced thermoplastic	Die-cast light alloy, anodised
Enclosure rating	IP 67	IP 65	IP 67
LED display		✓	✓
Actuating directions			
Locking			
Locking methods	Mechanical/electrical	Mechanical	Mechanical/electrical
Supply voltage [V]	24/110/230	24/110/230	24/110/230
Power consumption [W]	8	7	7
On time [%]	100	100	100
Retaining force in locked condition [N]	1200	1200	1200
Connection			
Cable entry	3xM20	1xM20	1xM20
Connector	1xSR11		1xSR11
Actuating element			
Straight	✓	✓	✓
Straight, rubber-mounted	✓		
Angled	✓		
Angled, rubber-mounted	✓		
Radius flexible	✓		✓
Door radius, min.	90 mm	160 mm	165 mm
Approvals			

Figura 7.5 – Detalle del catálogo de SICK OPTICS Interruptores de seguridad para puertas materiales

Interruptor magnético para puerta protectora de acción sin contacto PSEN 2.1p



Sensor de seguridad para la supervisión de la posición de equipos móviles de protección según EN 60947-5-3

Características

- apropiado para aplicaciones hasta la categoría 4 según EN 954-1
- 2 contactos de seguridad (1 contacto de reposo, 1 contacto de trabajo)
- construcción rectangular reducida
- IP 67
- conector macho M8 de 4 polos
- PSEN 2.1p-11 con LED

Homologación

	PSEN 2.1p
	●

Descripción

Los sensores de seguridad PSEN 2.1p-10 y PSEN 2.1p-11 han sido diseñados, conjuntamente con el accionador PSEN 2.1-10, para la supervisión de posición de equipos de protección giratorios, desmontables y deslizables.

Para aplicaciones de seguridad están homologados sólo en conjunción con los siguientes dispositivos de evaluación:

- PNOZ e3.1p
- PNOZ e3vp

Datos técnicos PSEN 2.1p-10, PSEN 2.1p-11

Datos eléctricos	
Tensión de conexión	24 V DC
Corriente de conmutación	100 mA
Potencia de conmutación	2,4 W
Frecuencia máx. de conmutación	5 Hz
Intervalo de conmutación	$s_{on} > 0,5/s \leq 3$ mm $s_{off} > 10$ mm
Contactos	2 contactos (1 contacto de reposo, 1 contacto de trabajo)
Accionador	Imán PSEN 2.1-10
Datos ambientales	
Temperatura ambiente	-25 ... 70 °C
Oscilaciones según EN 60947-5-2, 09/00	Frecuencia: 10 ... 55 Hz, Amplitud: 1 mm
Datos mecánicos	
Posición de montaje	cualquiera, sensor de seguridad y accionador paralelamente contrapuestos
Material de la carcasa	PBT amarillo de señalización
Grados de protección	IP 65/IP 67
Tipo de conexión	de 4 polos Conector macho M8
Dimensiones (Alto x Ancho x Prof.)	36 x 26 x 13 mm
Peso	PSEN 2.1p-10/PSEN 2.1p-11: 15 g PSEN 2.1-10: 15 g

Datos de pedido

Tipo	Unidades	Nº. de pedido
PSEN 2.1p-10/PSEN 2.1-10	1/1	502 210
PSEN 2.1p-10/PSEN 2.1-10	10/10	502 310
PSEN 2.1p-10	2	522 210
PSEN 2.1p-11/PSEN 2.1-10	1/1	502 211
PSEN 2.1p-11/PSEN 2.1-10	10/10	502 311
PSEN 2.1p-11	2	522 211
PSEN 2.1-10	2	512 210

Accesorios

Denominación		Nº. de pedido
Cable de 2 m con conector acodado	1	533 110
Cable de 5 m con conector acodado	1	533 120
Cable de 10 m con conector acodado	1	533 130
Cable de 2 m con conector recto	1	533 111
Cable de 5 m con conector recto	1	533 121
Cable de 10 m con conector recto	1	533 131
Placa separadora	10	534 310
Angulo de montaje	1	532 110

- Sistemas de seguridad de la familia de sistemas Pilz PSS conjuntamente con el módulo de función estándar SB066
- Los sensores de seguridad tienen una estructura de dos canales (1 contacto de reposo, 1 contacto de trabajo).

- Aplicación con
- suciedad extrema, el sensor de seguridad y el accionador se limpian con facilidad
 - polvo
- Instalación
- puede montarse oculto detrás de materiales no magnéticos

Figura 7.6 – Detalle del catálogo de PILZ Interruptor magnético de seguridad

8 – TABLA COMPARATIVA ENTRE FABRICANTES DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD

A continuación adjuntamos una tabla comparativa con la disposición de los elementos utilizados en nuestra aplicación, y los elementos de propósito general, a nuestro juicio, más importantes, de los diferentes fabricantes consultados a lo largo del mini proyecto.

Fabricante	Interruptores magnéticos de seguridad	Relés de control	Interruptores de paro de emergencia	Señalización luminosa y sonora	Barreras de seguridad materiales	Alfombra de seguridad	Dispositivo de mando a dos manos	Barreras inmateriales
<u>Forn Valls</u>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<u>Omron Eléctrics</u>	Si	Si	Si	Si	-	-	Si	Si
<u>Schneider Electric</u>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<u>Moller Electric</u>	Si	Si	-	Si	-	-	-	-
<u>Fegemu automates</u>	Si	Si	Si	Si	-	Si	Si	Si
<u>Crouzet</u>	-	Si	Si	-	-	-	Si	-
<u>Pepper and Fuchs</u>	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si
<u>Pilz Industrielektronik</u>	Si	Si	Si	-	-	-	-	-
<u>Sick</u>	-	Si	Si	-	-	-	-	-

9 – CONCLUSIONES

Una vez finalizado el mini proyecto de automatización industrial, hemos llegado a las siguientes conclusiones.

La seguridad en la industria es un factor determinante para el correcto funcionamiento de los sistemas de producción actuales. Un entorno seguro proporciona satisfacción a la plantilla de obreros y seguridad, evita problemas y, en caso de existirlos, se pueden solucionar de manera correcta y con total seguridad.

El hecho de haber tenido que diseñar la seguridad de una célula de producción de piezas de aluminio nos ha enseñado, entre otras cosas, los principios de la seguridad industrial y los problemas más típicos que de ella devienen.

Consideramos las soluciones adoptadas en nuestro mini proyecto adecuadas, pero no del todo correctas, debido a la complejidad de las plantas industriales y células reales.

Consideramos enriquecedor todo el trabajo realizado hasta ahora, sobre todo por la toma de contacto con fabricantes, con sus productos, y con sus guías de diseño de seguridad industrial (guías como las de Telemecanique o Sick Optics nos han sido de mucha utilidad para el desarrollo de la aplicación).

Consideramos que el diseño original de la célula se puede mejorar notablemente, con la inclusión de PLC's que controlen el funcionamiento del proceso, y la sustitución de un operario por un robot, que se encargará de la prensa de desbarbado. Esta solución está explícita en nuestra aplicación práctica y se ha tomado en cuenta a la hora del diseño de la seguridad, cosa que nos ha dado mucho más juego a la hora de la toma de decisiones.

10 – BIBLIOGRAFIA

- Libros consultados

Fundamentos de Robótica
Barrientos, Peñin, Balaguer, Aracil
Editorial Mc Graw Hill

Els Robots Industrials (II) Aplicacions.
Riba i Romera, Carles
Edicions UPC

- Revistas consultadas

Revista Automática e Instrumentación
Abril 2003 n^a 339

Revista Automática e Instrumentación
Juliol 2003 n^a 342

Técnicas de seguridad preventiva
Schneider Eléctric

Revista electrónica española
Octubre 1987, n^o 400

- Apuntes consultados

Apuntes de la asignatura AUTI
Pere Ponsa, 2003/04

- Webs consultadas

Schneider Electric (fabricante)
Forn valls (representante)
Sick (fabricante)
Honeywell (fabricante)
Pagina europea de normativas
Pagina española de normativas
OMRON
Crouzet

<http://www.schneiderelectric.es/>

<http://www.fornvalls.com>

<http://www.sick.es>

<http://www.honeywell.es/>

<http://europa.eu.int>

<http://www.aenor.es>

<http://www.omron.es/>

<http://www.crouzet.com/>