

UPV/EHU-Benteler Automotive

Automatización carga de brazos de suspensión y diferenciales

Mikel Arregui
2021-2022

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Objetivos	3
	1-Desarrollar diseño viable estación automatizada	3
	2-Diseñar componentes estación.....	3
	3-Puesta en marcha	3
3.	Alcance	3
	1-Desarrollar diseño viable estación automatizada	3
	2-Diseñar componentes estación.....	3
	3-Puesta en marcha	3
4.	Desarrollo	4
	- Decidir la disposición de los contenedores	4
	- Simulación del modelo y decisión de la disposición de los elementos robotizados	6
	- Decidir cantidad, modelo y disposición de los elementos robotizados	8
	- Desarrollo del cuaderno de cargas del proyecto	9
5.	Diseño.....	10
	- Diseñar ubicación contenedores brazos de suspensión.....	10
	- Diseñar ubicación contenedores de diferenciales.....	17
6.	Puesta en marcha.....	25
	- Montaje en Dual	25
	- Montaje en Benteler	25
	- Puesta en marcha	25
	- Mejoras en ubicaciones de contenedores	25
	- Plataformas pulmones	26
7.	Conclusiones.....	29
8.	Bibliografía	30

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Lay-out estación vacía	4
Ilustración 2 Simulaciones anteriores	5
Ilustración 3 Lay-out posicionamiento de contenedores.....	6
Ilustración 4 Simulación de cogida y dejada de brazos de suspensión.....	7
Ilustración 5 Simulación de cambio de garra	8
Ilustración 6 Simulación de cogida y dejada de diferencial	8
Ilustración 7 Diseño del bloque centrador	11
Ilustración 8 Plano de Bloque centrador de contenedor de brazos de suspensión.....	11
Ilustración 9 Unión de la estructura	12
Ilustración 10 Diseño del resbalón lateral.....	13
Ilustración 11 Plano de resbalón lateral (estructura de contenedores de brazos).....	13
Ilustración 12 Detección de contenedores traseros	14
Ilustración 13 Detección de contenedores delanteros	15
Ilustración 14 Diseño de poste de protección y de barreras	16
Ilustración 15 Diseño de topes posteriores	16
Ilustración 16 Diseño general de la estructura de brazos de suspensión.....	17
Ilustración 17 Diseño de resbalones laterales de diferenciales	18
Ilustración 18 Diseño de partes encastradas	19
Ilustración 19 Plano de resbalón lateral (estructura de contenedores de diferenciales).....	19
Ilustración 20 Diseño de poste de protección y barreras de diferenciales.....	20
Ilustración 21 Diseño de tope de diferenciales.....	21
Ilustración 22 Diseño general de la estructura de diferenciales.....	21
Ilustración 23 Instalación de cuñas para las carretillas.....	22
Ilustración 24 Instalación de balizas.....	23
Ilustración 25 Disposición de los cables y cajas eléctricas	23
Ilustración 26 Diseño de estructura completa	24
Ilustración 27 Modificación de topes posteriores.....	26
Ilustración 28 Plataforma de pulmón de brazos	27
Ilustración 29 Modificación de cuñas de carretillas.....	28

4. Desarrollo

- Decidir la disposición de los contenedores

En primer lugar, se examinaron las dimensiones tanto de la estación como de los componentes de esta (medidas exteriores, pilares, contenedores y dimensiones de la línea). Estas medidas se tomaron en persona y también se consultaron los lay-out de la planta para comprobar que todo encajase. Una vez claro, se estudió la forma más eficiente de situar los contenedores para que un robot pueda llegar a todas las posiciones necesarias, sin comprometer la accesibilidad de las carretillas para el intercambio de contenedores.

La zona disponible para la estación está situada en una esquina de la línea y esta viene delimitada por pasillos de la planta por los cuales deben de pasar y maniobrar las carretillas, la estación contigua y también se tiene una limitación en altura que viene dada por un altillo que se sostiene con dos columnas. De ese altillo también quedan fijados dos KBKs con los que se manipulan las piezas cuando la estación trabaja de forma manual.

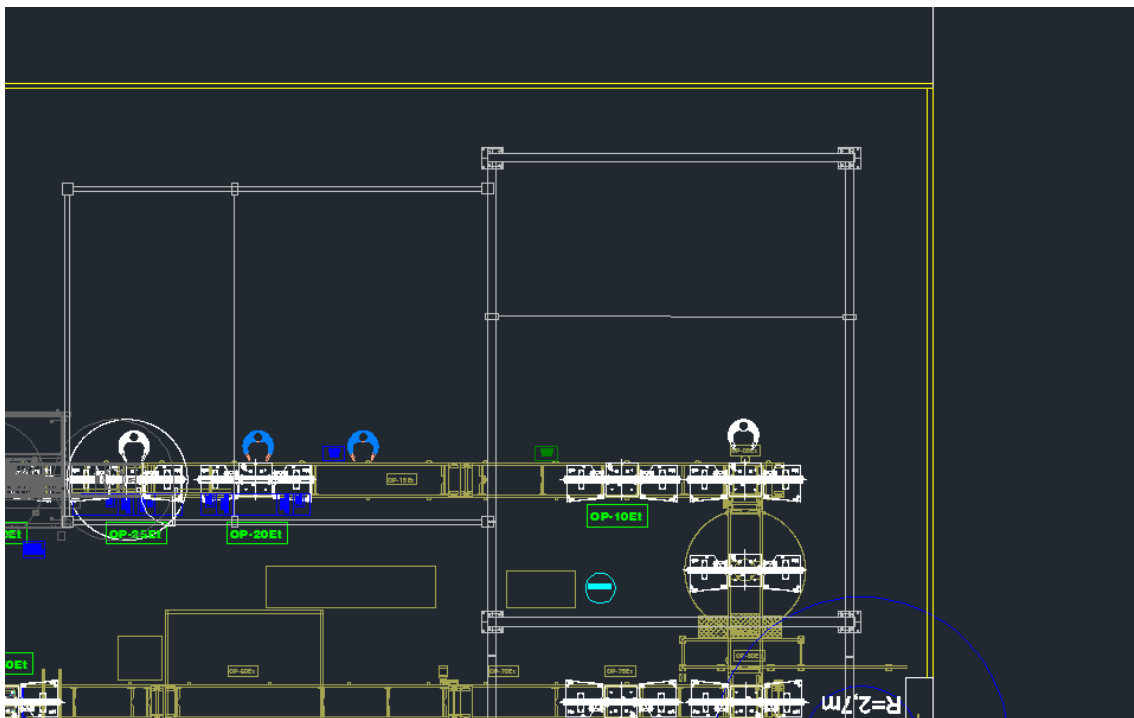


Ilustración 1 Lay-out estación vacía

Posteriormente, con este objetivo de fijar los elementos que irían en la estación comenzamos viendo cuáles eran las necesidades de logística en cuanto a las variantes de las piezas que había que montar y las demandas de cada una. En el caso de los brazos de suspensión, los brazos se disponen en parejas y cada contenedor contiene piezas para 7 coches. Actualmente, se montan tres variantes diferentes de brazos. Las demandas de las variantes son del 66%, 30% y 3%, aun así y para una menor intervención de los carretilleros se trabaja con dos contenedores por variante, es decir, una capacidad de 14 coches por variante.

En el caso de los diferenciales contamos con unos contenedores de 1000x1200 mm con capacidad para 18 diferenciales, divididos en tres alturas y separados por unas bandejas. Existen 4 variantes y un contenedor extra para dejar las bandejas que se retiran al consumir una de las alturas de las variantes.

Cabe destacar que tanto los brazos de suspensión como los diferenciales tienen una geometría exterior igual o similar en todas sus variantes.

Para encontrar la forma más eficiente de colocar los contenedores, se hizo una investigación previa de los anteriores cuadernos de cargas [1] que se habían realizado sobre este mismo proyecto en los cuales se proponía diferentes soluciones. Una de ellas consistía en tener los contenedores de brazos dispuestos uno encima del otro y los de diferenciales en forma de L.

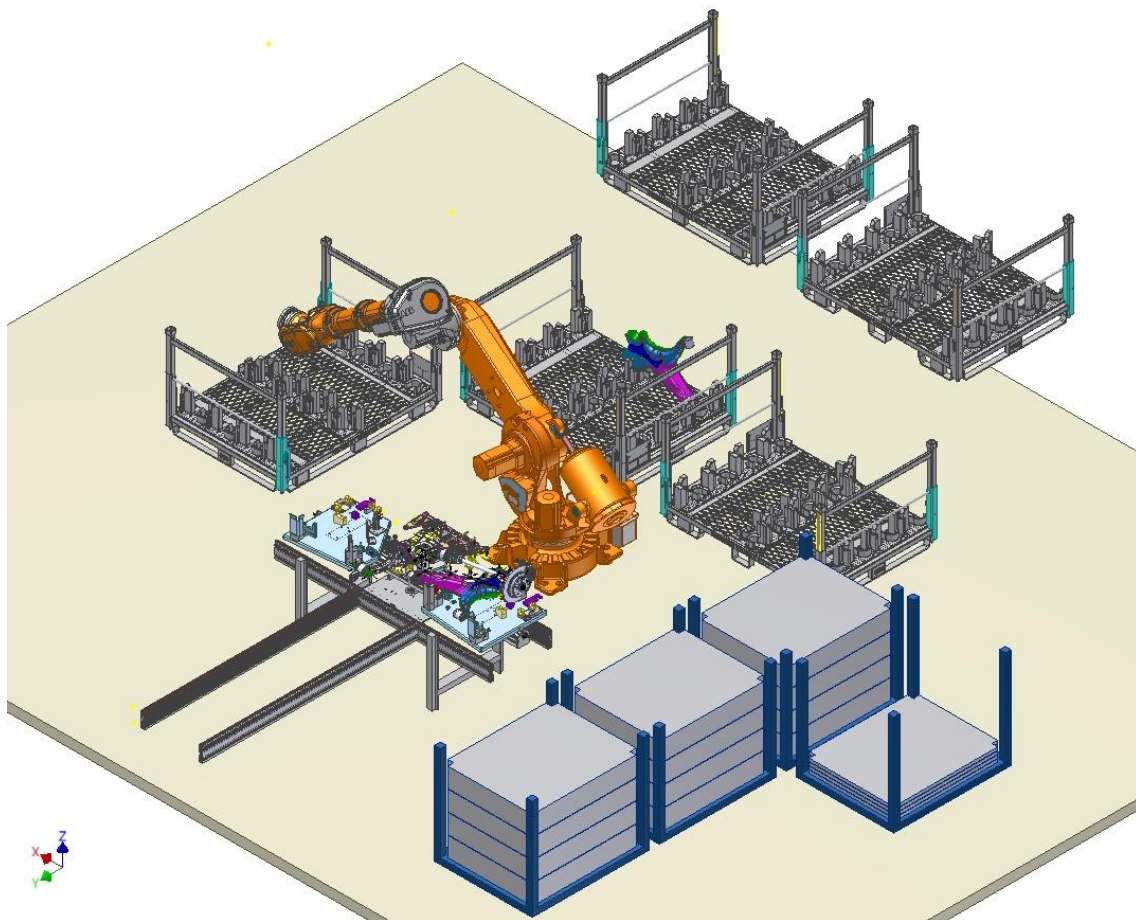


Ilustración 2 Simulaciones anteriores

Esta opción no es válida por la accesibilidad de las carretillas ya que al subir las uñas de la carretilla, el mástil colisionaría con la estructura del altillo que hay encima de la estación. Por otro lado, las columnas que lo sostienen molestarían a la hora de dejar los contenedores de diferenciales. Por último, la disposición de los contenedores de diferenciales no es óptima para la instalación de las seguridades de la estación y también porque el contenedor que sobresale del resto interfiere por un pasillo de carretillas.

Una vez vistas las diferentes opciones, se decidió utilizar los 6 contenedores de brazos (2 contenedores por variante) a la misma altura, con el fin de facilitar la manipulación de los

mismos y el posterior acceso a los contenedores en caso de tener que trabajar con ellos de forma manual. Para los contenedores de diferenciales se decidió girarlos 90° de modo que poniéndolos en línea el ancho total fuese menor, ya que poniéndolos como anteriormente y dándole la separación necesaria para colocar unas barreras y unos encauzadores, el ancho total era demasiado largo. Finalmente, a los contenedores de diferenciales se les dio una separación aproximada de 200 mm entre ellos y los contenedores de brazos se les dio una separación estimada ya que tanto a lo ancho como a lo largo no tenían grandes limitaciones y por tanto se podía modificar según las necesidades que fuesen surgiendo.

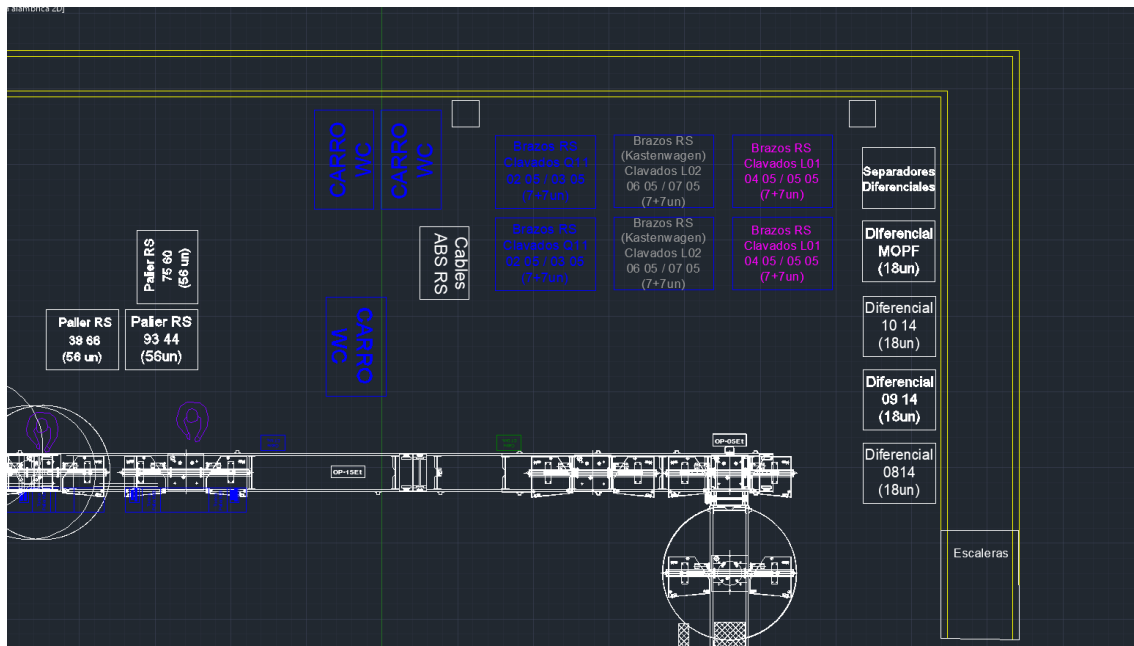


Ilustración 3 Lay-out posicionamiento de contenedores

- Simulación del modelo y decisión de la disposición de los elementos robotizados

El siguiente paso fue probar las distintas combinaciones de robots y tracks para posteriormente elegir cual sería la que mejor se adaptase a las instalaciones. Para ello se utilizó el programa de Robot Studio en el cual se insertó los contenedores en su posición aproximada y una paleta en la línea para simular la dejada. La primera cuestión era determinar los elementos que iban a formar la parte robotizada. Había dos opciones principalmente, una consistía en colocar dos robots, uno para coger los diferenciales y otro para coger brazos de suspensión. La otra opción consistía en dotar a un robot de un séptimo eje con un track con el cual podría tener un mayor rango de alcance. Tras varias pruebas se rechazó la primera opción por una incapacidad de llegar a las últimas posiciones de los contenedores de brazos. Teniendo clara la distribución que se iba a disponer, se pasó a elegir los modelos concretos de cada elemento. En el modelo de las simulaciones se intentó poner todos los “obstáculos” que iba a tener el robot a la hora de realizar las trayectorias para poder ver posibles problemas que podían surgir. En estos ensayos se simuló un cambio de garra para ponernos en el caso en el que el tiempo de ciclo fuese mayor, puesto que si después se decidía tener solamente una garra para manipular todos los componentes, ese tiempo que consumía al hacer el cambio de garra desaparecería.

Se hicieron trayectorias completas desde la posición de home del robot, con puntos intermedios para esquivar los obstáculos, las trayectorias reales de cogida (aproximación frontal, tiempo de espera en el punto de cogida simulando el movimiento de los cilindros al cerrar la garra y por último un movimiento vertical de extracción) y nuevamente puntos intermedios para llegar desde el contenedor hasta una posición de lectura de la etiqueta de los componentes. Posteriormente se harían los movimientos necesarios para dejar el componente en la paleta. A estas trayectorias se les configuraron todos los parámetros necesarios: tipo de trayectoria, velocidad de movimiento, precisión de los puntos y tiempos de pausa para simular movimientos de la garra. Con estas simulaciones se tomaron tiempos de ciclo de una secuencia completa combinando dos cogidas de brazos con un cambio de bandejas de diferenciales (cambio de capa) y por último la carga del diferencial en la paleta. Se hizo otra trayectoria, pero esta vez solamente con una carga de brazos, simulando una secuencia de un coche sin diferencial trasero. De esta forma se podía tener una estimación aproximada del rango de tiempos de ciclo que iba a tener la estación.

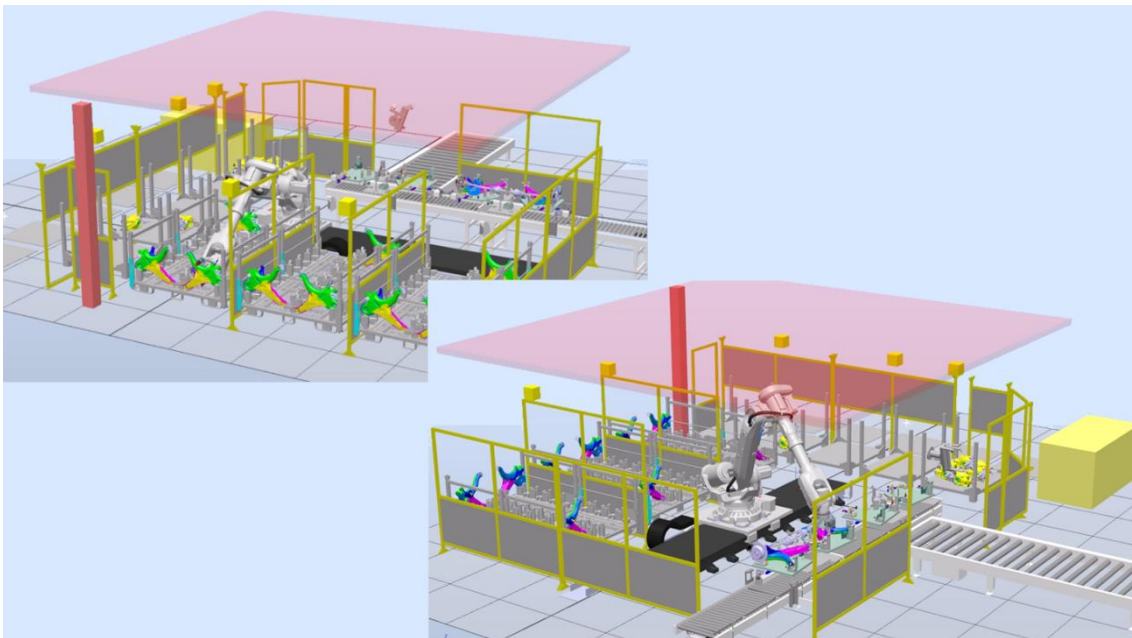


Ilustración 4 Simulación de cogida y dejada de brazos de suspensión

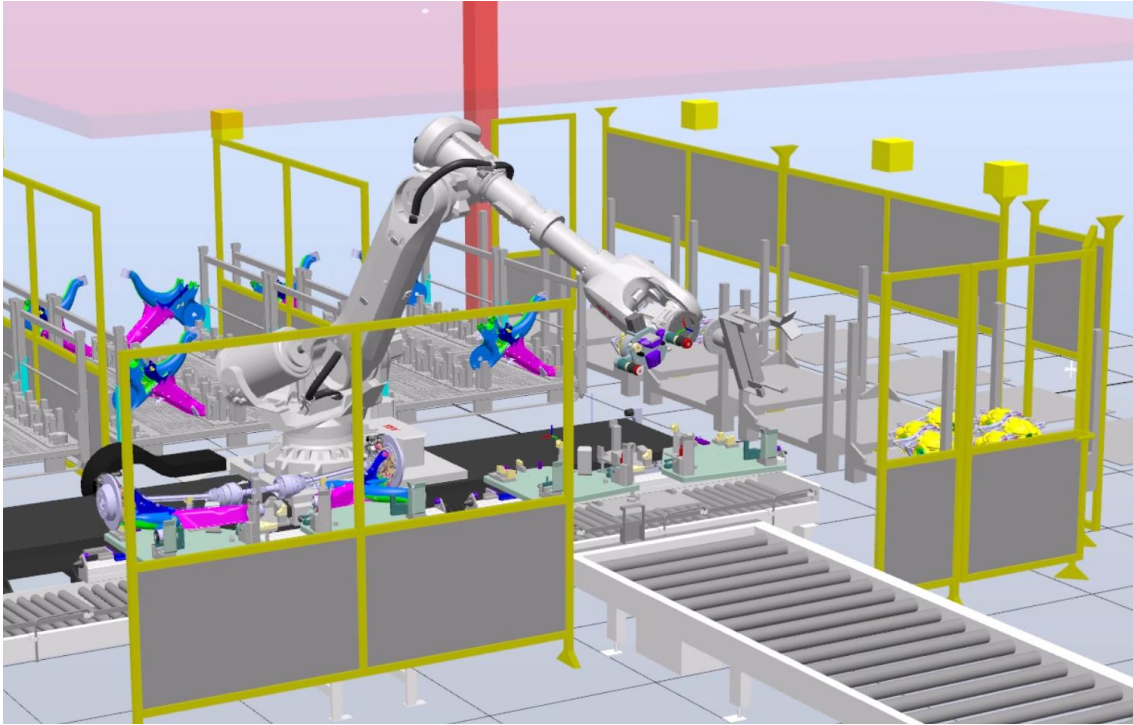


Ilustración 5 Simulación de cambio de garra

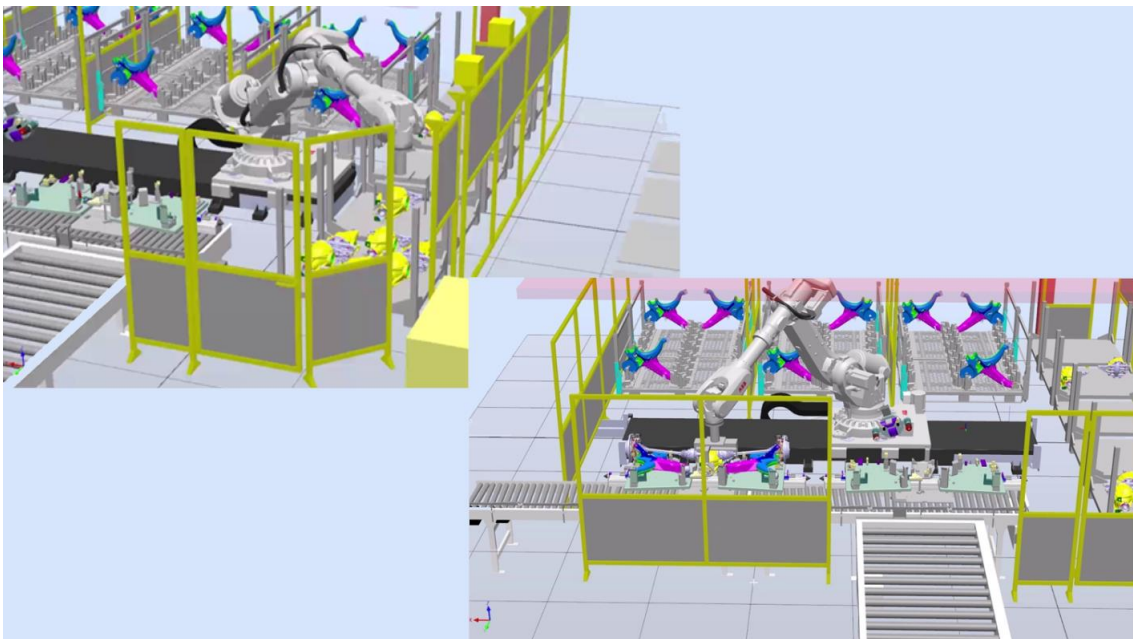


Ilustración 6 Simulación de cogida y dejada de diferencial

- Decidir cantidad, modelo y disposición de los elementos robotizados

Para la elección de los elementos robotizados se utilizó un catálogo de los productos de ABB [2] en el que se incluye las características principales (modelo, alcance, peso máximo y precio). El primer limitante en cuanto a la elección del robot era el peso, ya que la garra del robot se estimó que pesaría alrededor de 100kg y el componente más pesado, en este caso el diferencial pesa 18 kg. Con lo cual se necesita un robot que soporte al menos 120kg. El siguiente parámetro decisivo era el radio de alcance. Para simular lo necesario se colocó un

brazo robótico encima de un track y se probó con distintos modelos de robot para simular su alcance. Después de varias pruebas, hubo dos modelos que cumplían con los requisitos, el IRB 6700 con 3,2m de alcance y 150kg de peso y el IRB 7600 con 3,5m de alcance y 150 kg de peso. En un principio, las dos opciones eran válidas pero tras incorporar varios elementos de la estación (vallados, postes, etc.) se vio como el IRB 7600 al tener unos brazos más robustos dificultaba muchos movimientos de translación, aunque en todos los casos podía completarlos.

- **Desarrollo del cuaderno de cargas del proyecto**

En este punto se redactó un cuaderno de cargas con las características y necesidades que tendría la nueva estación. En él se explicó detalladamente todas las tareas necesarias para poder automatizar la estación y para cada una de ella, se expusieron las propiedades y limitaciones con las que tenían que contar. Entre otras se definieron las posiciones de todos los contenedores, sacadas de las anteriores simulaciones y contando con que con esa disposición y el robot junto al track elegidos, nos aseguramos de que la estación va a ser funcional y que el robot será capaz de llegar a todas las posiciones.

Por otra parte, se definieron las características que debía tener la o las garras que utilizaría el robot. Para la cogida y dejada de brazos, la referencia era una garra ya probada y usada en la propia planta para manipular los brazos en otra estación donde se clavan los silenblocks. Al tratarse del mismo producto y mismos contenedores no tenía mayores requisitos. Para el caso de los diferenciales, el diseño se basó partiendo del manipulador que se utilizaba para transportar los diferenciales junto a un ingrávulo. Este se apoya en las orejetas laterales copiando la forma del diferencial y un tercer apoyo.

Tras haber definido todas las necesidades del proyecto, se pidió una valoración económica a tres ingenierías externas del proyecto para poder posteriormente repartir las tareas internas y las subcontratadas. Como política de empresa, para estos proyectos se pide una amortización total de la inversión en un año, es decir, el dinero gastado por la empresa en tener en plantilla a 3 operarios durante un año debe ser igual o similar a la inversión económica del proyecto para automatizar la estación.

Tras recibir todas las ofertas desglosadas por tareas, se decidió el proveedor y se pasó a determinar cuáles de esas tareas se iban a realizar internamente con el objetivo de cumplir el pay-back de referencia. Finalmente, se vio la posibilidad de poder abaratar costes haciendo el pedido de robot y track internamente, ya que podíamos obtener un mejor precio. También se decidió diseñar internamente las estructuras donde se iban a colocar los contenedores de brazos de suspensión y los diferenciales. Con ambas cosas se consiguió llegar al objetivo de amortización y se aceptó el proyecto.

5. Diseño

- Diseñar ubicación contenedores brazos de suspensión

Para realizar el diseño de los soportes/centradores de los contenedores, primeramente se estudió las instalaciones actuales de otras estaciones con contenedores de materia prima similares. En el caso de los contenedores de los brazos existen dos estaciones que podemos analizar. La primera emplea los mismos contenedores de brazos y contiene un apilador, un desapilador y dos posiciones de carga y descarga que se conectan mediante un transporte. En esta estación podemos ver la manera en la que detectan la presencia de contenedor y también la forma de detectar el posicionamiento correcto del contenedor ya que si se coloca girado 180°, el robot colisionará con los brazos.

La segunda estación es similar a la que vamos a diseñar ya que se trata de la primera estación de otra línea en la que carga las cunas mediante un robot anclado a un track. Los contenedores de esta estación tienen una estructura similar pero más largos y se disponen todos en una fila paralelos al track.

En las dos estaciones se utilizan unos conos que tienen los contenedores en las esquinas para centrarlos. En ambas ocasiones se emplean encauzadores exteriores para ayudar a llevar al lugar correcto el contenedor.

Una vez estudiadas estas estaciones, se decidió adaptar el diseño de la segunda a los contenedores de brazos. Para ello se tomaron medidas de la instalación actual y se replicó en un archivo 3D. Este primer diseño tuvo varias modificaciones para adaptarse mejor a la estación. La nueva distribución va a tener dos posiciones contiguas por lo que no se pueden poner topes muy altos ya que para poner la segunda ubicación habría que levantar por encima de ellos el contenedor.

Las bases se diseñaron partiendo de calibrados de 100x100 mm para abaratar los costes de la materia prima y horas de trabajo para realizar el mecanizado. En ellas se hizo un agujero pasante de 42mm de diámetro con un chaflan. En él se introducirían los conos del contenedor. También se hicieron unos huecos con el espesor de la chapa que posteriormente iría encastrada en las bases con el objetivo de fijar su posición. De esta forma, para la fabricación quedaban 12 bases iguales y sus simétricas. Los bloques tienen una separación para poder colocar unos tubos entre ellos.

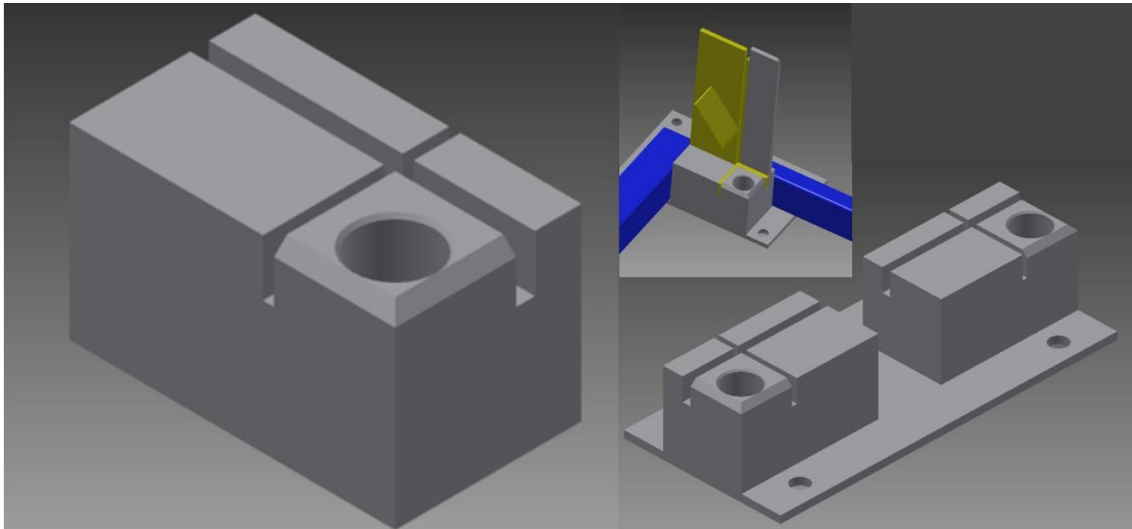


Ilustración 7 Diseño del bloque centrador

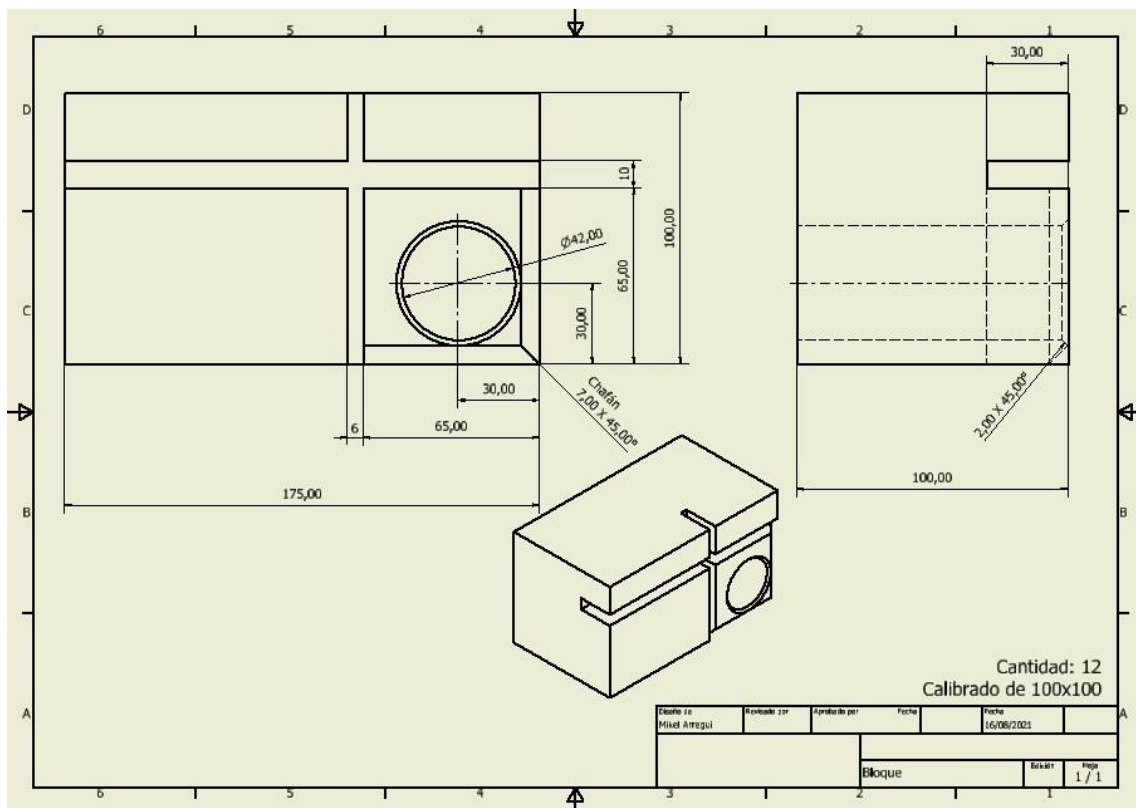


Ilustración 8 Plano de Bloque centrador de contenedor de brazos de suspensión

Con el objetivo de dar estructura al conjunto, se decidió armarlo con tubos cortados a medida que uniesen todas las bases. Esto ayudaría también a mantener las cotas a la hora de transportar la estructura hasta su ubicación en planta. Estos tubos también nos servirán posteriormente para llevar los cables desde los periféricos (lazos de corriente, barreras, detectores, balizas, etc.) hasta las cajas eléctricas donde todos ellos se agrupan y se organizan.

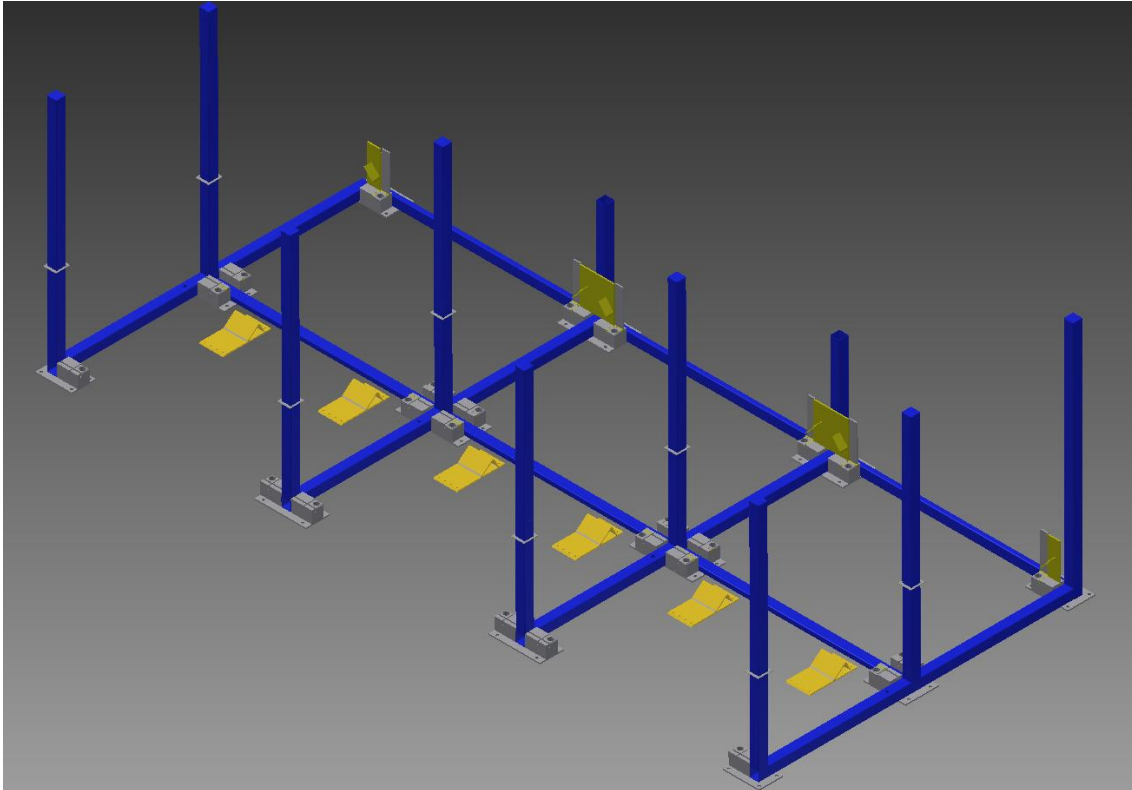


Ilustración 9 Unión de la estructura

Los resbalones de los laterales fueron diseñados para proteger el poste de las barreras sin transmitirle vibraciones al colisionar con los contenedores. También debe colocar el contenedor alineado con los agujeros y alojar el sensor que detecta la posición correcta del contenedor. Para ello se diseñó una chapa cortada a láser y doblada que va desde el poste de las barreras hasta el principio del segundo contenedor. El ángulo hace que si se lleva el contenedor por encima, tenga mucho margen en los laterales pero que al bajarlo este se alinee con su posición final.

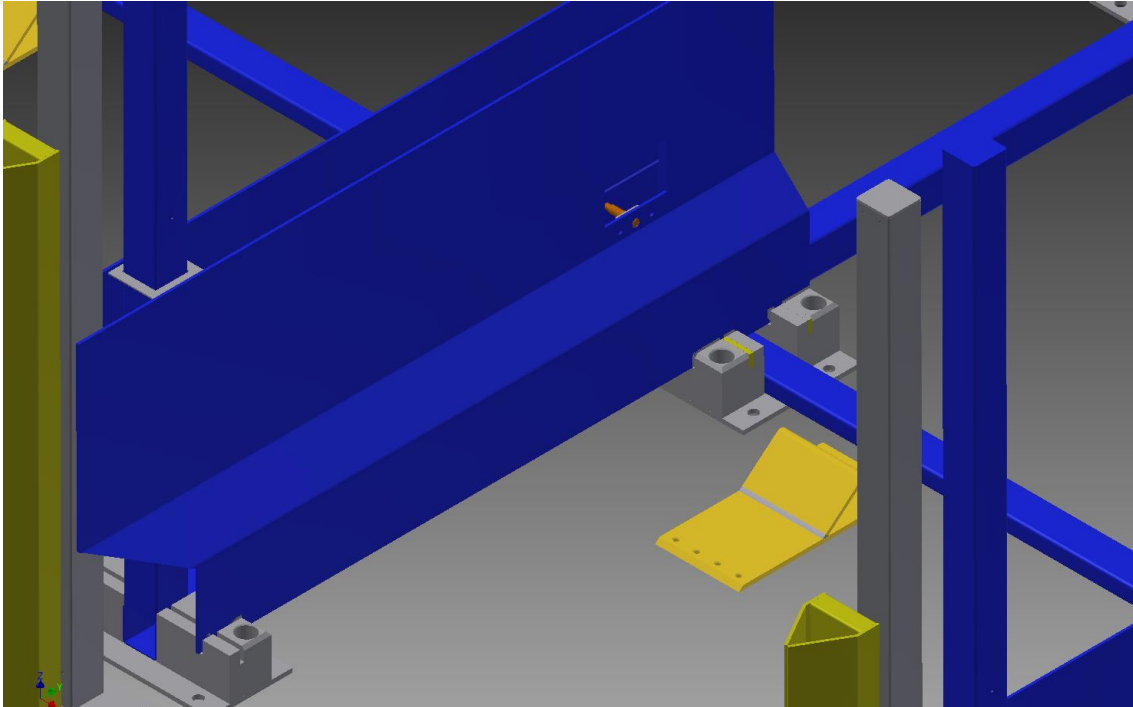


Ilustración 10 Diseño del resbalón lateral

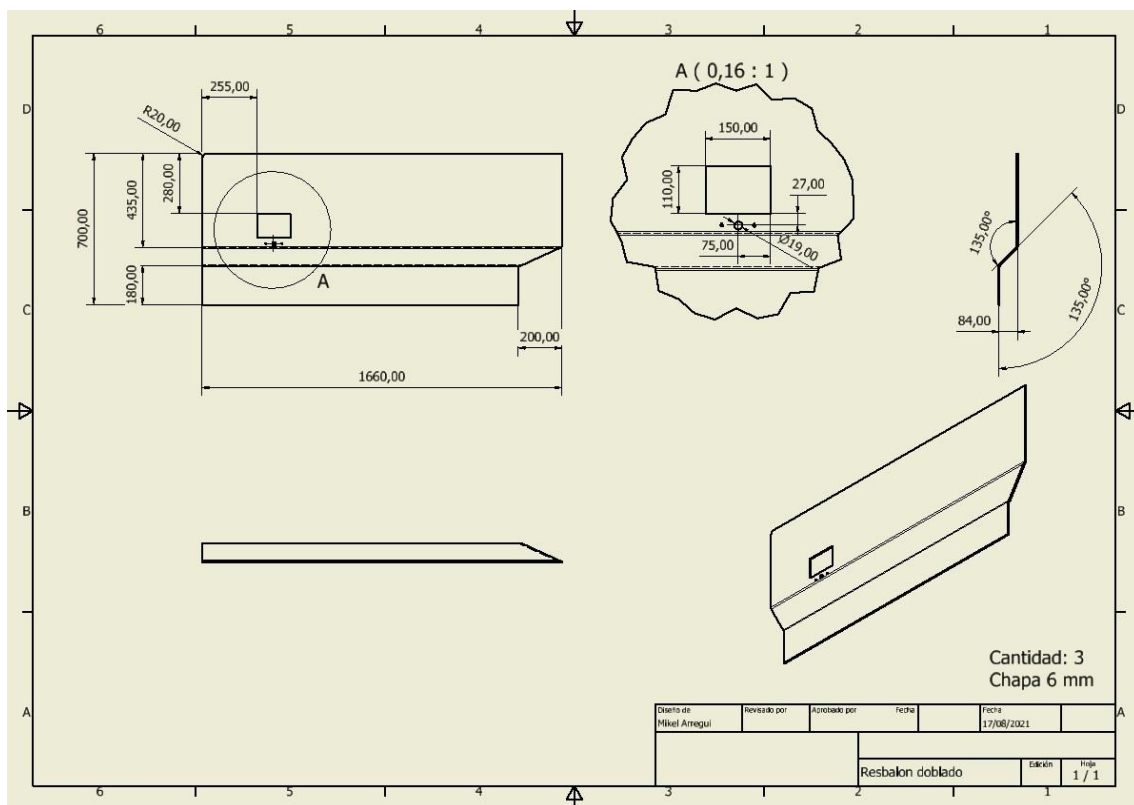


Ilustración 11 Plano de resbalón lateral (estructura de contenedores de brazos)

Se buscaron las mejores combinaciones para la detección de los contenedores de manera que asegurasen la presencia y la correcta colocación de los contenedores. El contenedor de brazos tiene que ir en una posición concreta para poder coger los brazos, por lo que primeramente se buscan las diferencias que tiene el contenedor entre las dos posiciones. Una

de ellas es una chapa donde se coloca el albarán del contenedor, la cual se encuentra en un extremo del contenedor. La otra, es un antivuelco que el contenedor solo tiene en uno de los lados y por el otro está abierto. Finalmente, para el contenedor trasero se decidió utilizar unos detectores inductivos apuntando al antivuelco del contenedor, de manera que si está bien colocado el contenedor lo detectará y si está mal colocado no.

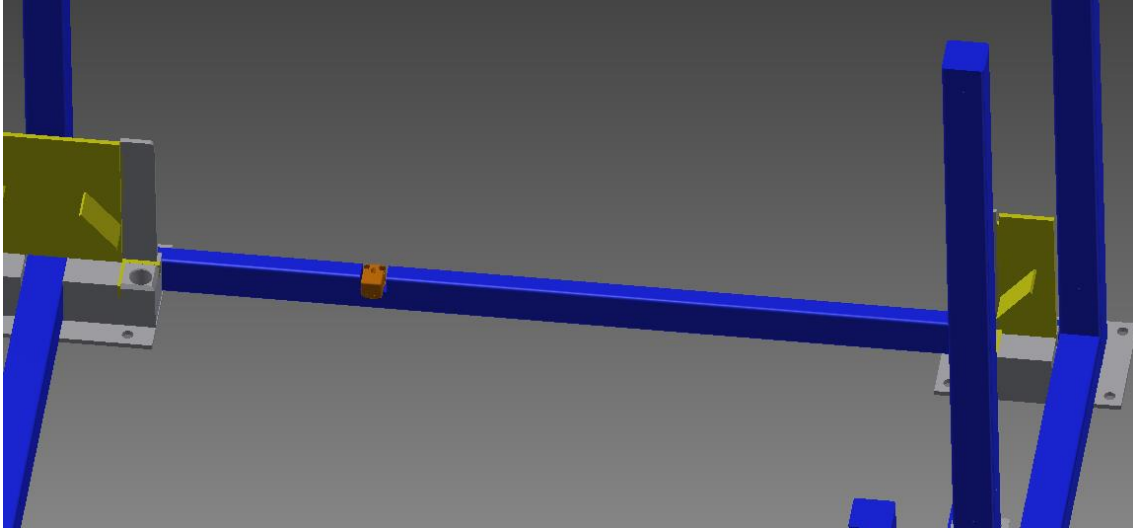


Ilustración 12 Detección de contenedores traseros

Para la primera posición de contenedor sin embargo se decidió buscar la chapa del albarán, ya que poner un detector en la anterior posición tenía un gran riesgo de ser golpeada con la carretilla al quedar tan expuesta en una zona de tránsito. Para detectar la chapa del albarán se instaló unos láseres enrasados en el encauzador. De la misma forma que los anteriores, estos solamente detectan cuando el contenedor está bien colocado. También se hicieron unas ventanas en ambos lados para poder manipular el sensor cómodamente.

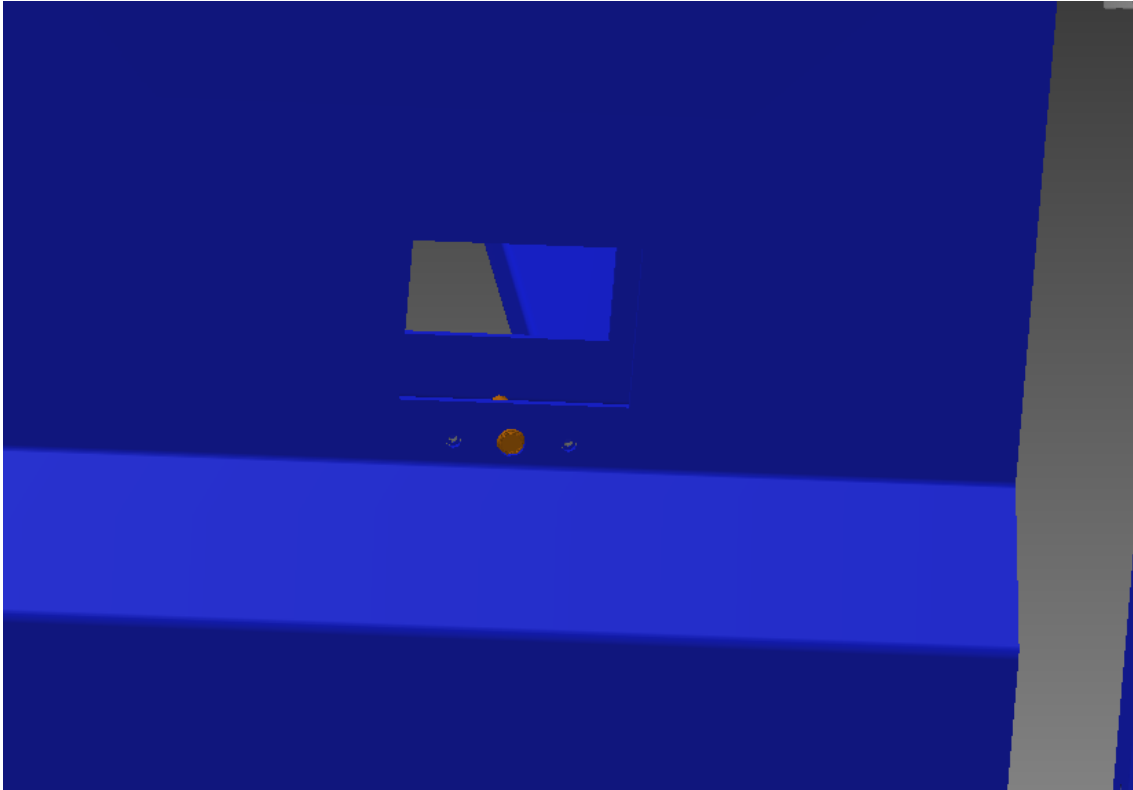


Ilustración 13 Detección de contenedores delanteros

Los postes de las barreras deben de estar lo suficientemente alejados del “peligro” (la última posición de los brazos) para que en el caso de que se corte la barrera, las partes móviles de la estación (en este caso el robot) pudiesen parar a tiempo. También deben de estar lo más juntas posibles entre sí para evitar golpes al manipular los contenedores.

Los primeros postes se diseñaron de forma diferente al resto de protecciones de la planta, ya que en este caso al disponer de tan poco espacio, se estimó que iban a tener continuos contactos, por lo que estos deberían de no solo absorber los impactos, sino también encauzar el contenedor para que no fuesen golpes secos. Para ello, se optó por un diseño en cuña partiendo de unas chapas dobladas que nos darían el ángulo deseado, acompañado de una base amplia y un cartabón para darle estructura al poste.

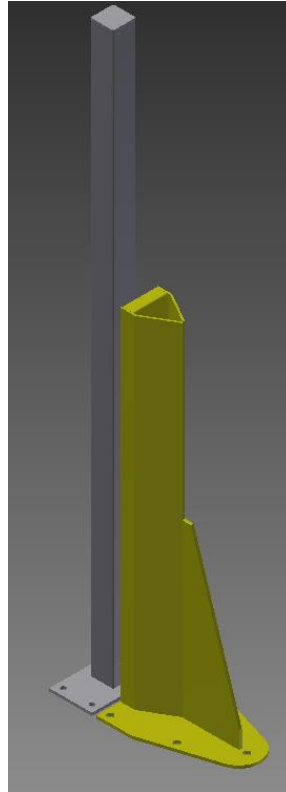


Ilustración 14 Diseño de poste de protección y de barreras

A modo de ayuda para los carretilleros, se diseñaron unos topes contra los que pegar en la dejada de los contenedores. Los topes de la primera posición deben tener una altura limitada ya que para pasar a la segunda posición es necesario superarlos en altura. El problema derivado es que al elevar de más el contenedor, el mástil de la carretilla puede colisionar con la estructura del altillo. Tras varias pruebas se decidió que estos sobresaliesen del bloque 150 mm. También se pensó que para facilitar la dejada y cogida de la segunda posición sería conveniente instalar una chapa doblada con el ángulo para hacer de conexión entre la primera posición y la segunda, con el fin de que el contenedor no se atasque en ninguna de las dos operaciones.

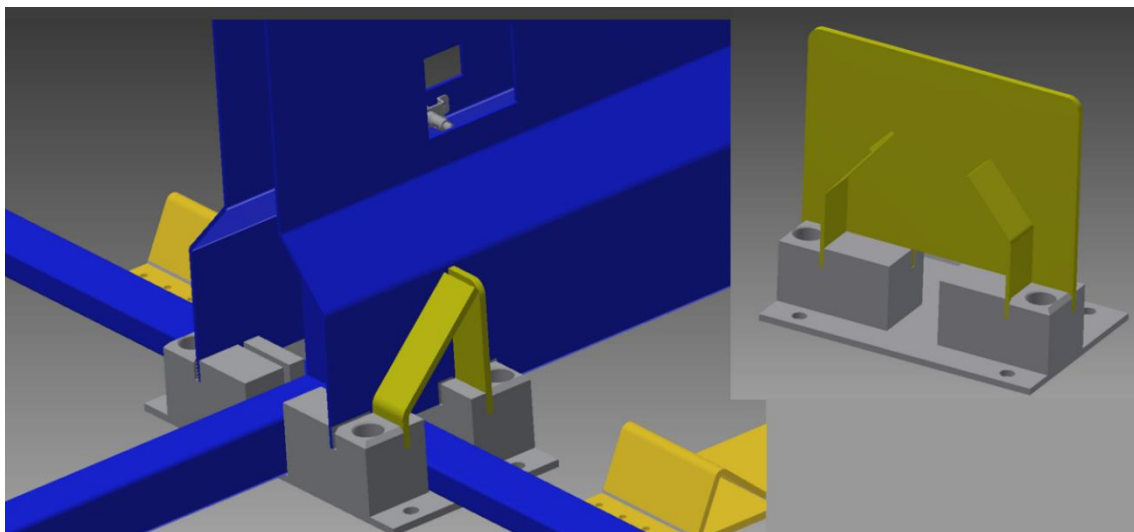


Ilustración 15 Diseño de topes posteriores

Finalmente, al ensamblar todos los componentes, la estructura que alojaría los contenedores de brazos de suspensión, quedó de la siguiente manera:

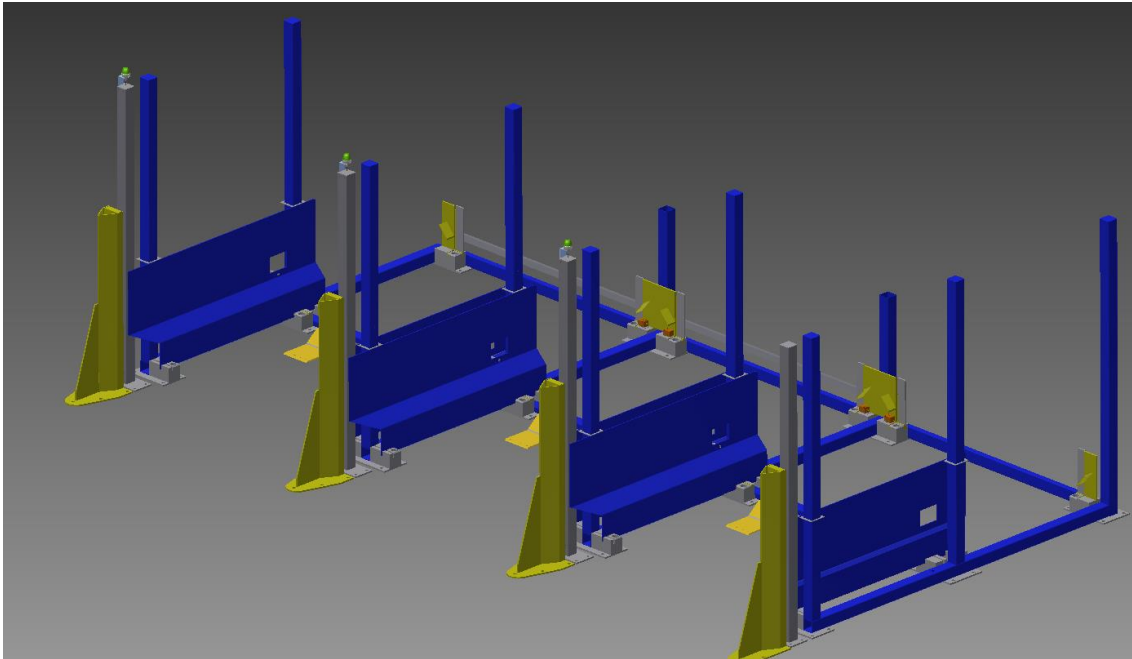


Ilustración 16 Diseño general de la estructura de brazos de suspensión

Como se puede observar se instalaron unos postes verticales para poder atornillar unos vallados debido que a nivel de seguridad era un punto crítico. Si se cortaba las seguridades de uno de los contenedores, había riesgo de que se pudiese pasar a las zonas contiguas y por tanto tener riesgo de colisión directa con el robot.

Con todo ello la estructura quedaba lo suficientemente robusta. Se hizo solamente mecanizando los bloques centradores, los cuales eran 12 bloques iguales y otros 12 simétricos. El resto de las piezas eran chapas cortadas a láser, algunas de ellas también plegadas y tubos de calderería cortados. Esto se hizo con el fin de poder reducir al máximo el coste de fabricación, manteniendo las propiedades necesarias.

- Diseñar ubicación contenedores de diferenciales

En un primer momento se pensaron diferentes formas de fijar los contenedores en una posición lo más repetitiva posible. La primera se pensó en centrar con las patas del contenedor. Estas patas estaban soldadas a la base y presentaban gran dispersión en la posición por lo que esta opción no era viable. La siguiente alternativa fue centrar el contenedor con la estructura interior. Esta vez sí que las medidas eran repetitivas, pero tras hacer diferentes pruebas, no se consiguió que la carretilla pudiera avanzar hasta la posición final del contenedor sin riesgo de vuelco de este. Esto se debe a que, al girar los diferenciales, la carretilla es más ancha que el hueco entre postes por lo que tendría que parar antes de colisionar con los postes de las barreras. Tampoco existe la posibilidad de acercar los postes al contenedor de diferenciales ya que debe tener una distancia concreta desde la barrera hasta el peligro, en este caso, los diferenciales más cercanos.

Finalmente, la opción por la que se optó fue restringir el exterior del contenedor y hacer una carga/descarga en dos tiempos, es decir, en un primer movimiento se aproxima a la posición cercana y después empuja el contenedor hasta la posición final donde se encuentra el detector del contenedor. Esta opción no es la ideal en cuanto a la precisión que otorga, pero como ya se contaba con una gran dispersión de las bandejas dentro del contenedor y se tenía que hacer un referenciado de ellas, se aceptó este sistema.

Para la creación de los encauzadores laterales se hizo un diseño con chapas dobladas y chapas lagrimadas para las zonas donde desliza el contenedor ya que es una zona de desgaste que con el tiempo habría que sustituirlas. También dispone de partes encastradas para cuadrar de forma sencilla todas las piezas.

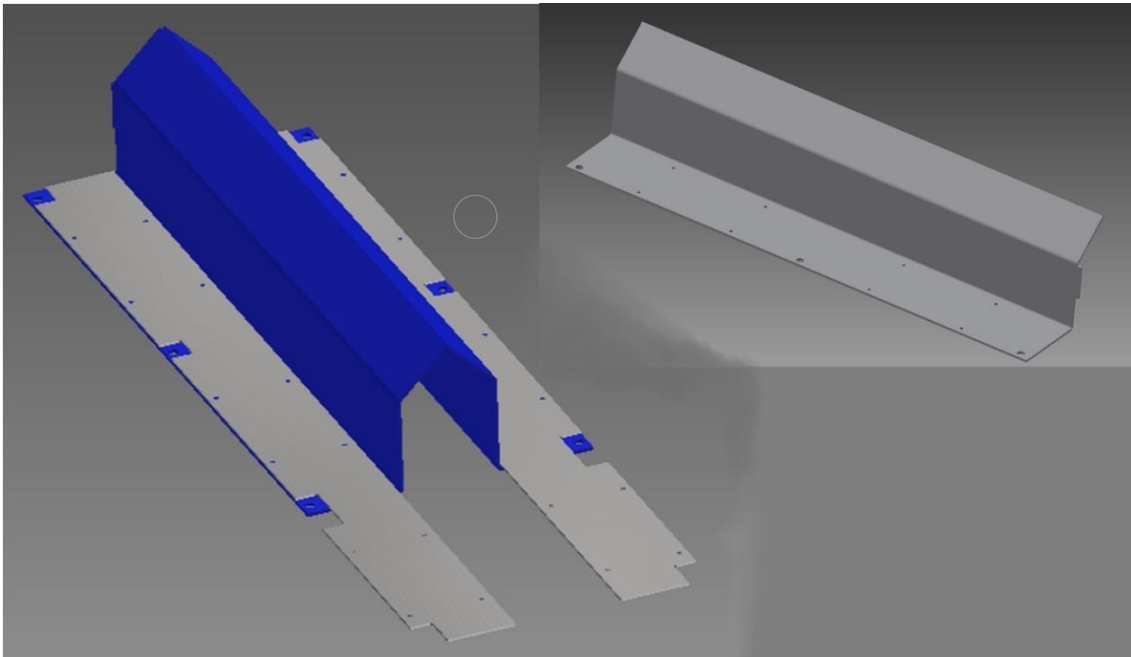


Ilustración 17 Diseño de resbalones laterales de diferenciales

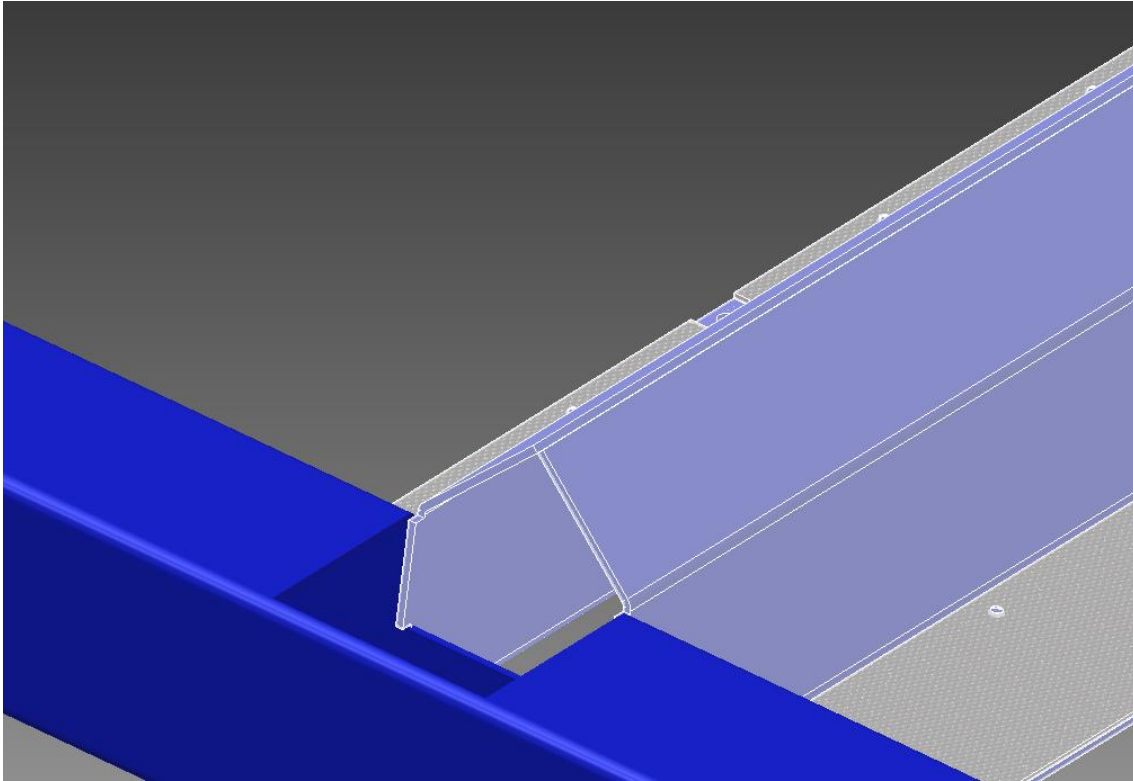


Ilustración 18 Diseño de partes encastradas

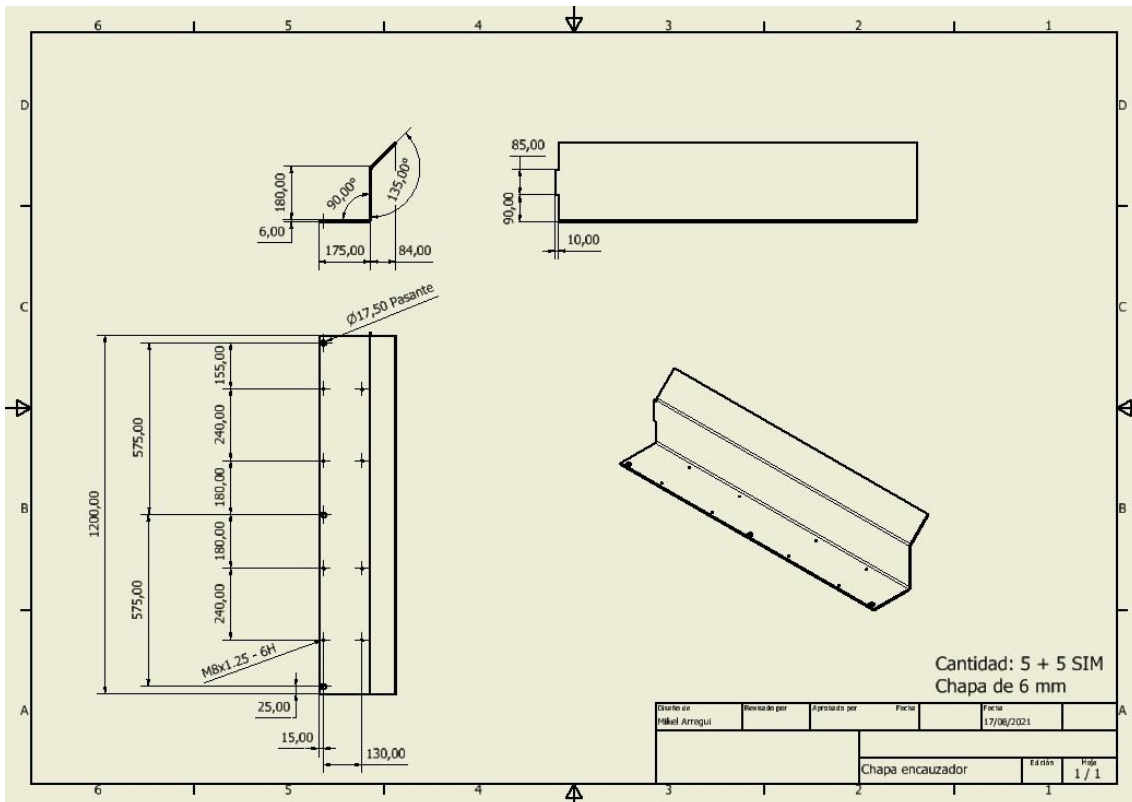


Ilustración 19 Plano de resbalón lateral (estructura de contenedores de diferenciales)

Para los postes de las barreras, esta vez no se pudo separar en dos conjuntos (uno de protección y otro independiente para las barreras) ya que como la carretilla era más ancha que

la distancia entre los postes esto alejaría mucho la posición final del contenedor con la carretilla y dificultaría las manipulaciones. Por lo tanto, se optó por poner un poste lo más robusto posible para evitar vibraciones y deformaciones. Para ello se utilizó un sistema similar al de los postes de los brazos: unas chapas dobladas en forma de cuña para encauzar el contenedor y recibir los golpes, unido a una viga IPN en la que en su parte hueca se atornillan las barreras.

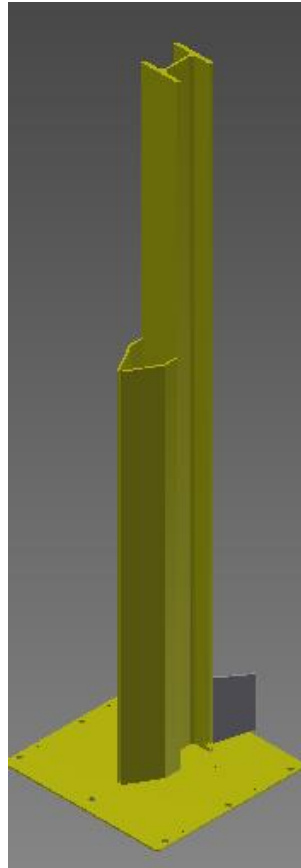


Ilustración 20 Diseño de poste de protección y barreras de diferenciales

Como tope contra el que chocar el contenedor, se puso un tubo cuadrado de 180x180 mm en el que se hicieron diferentes cortes: uno para encastrar los encauzadores y facilitar el montaje, una ventana para colocar los detectores inductivos, agujeros para pasar los cables y para anclarlo al suelo.

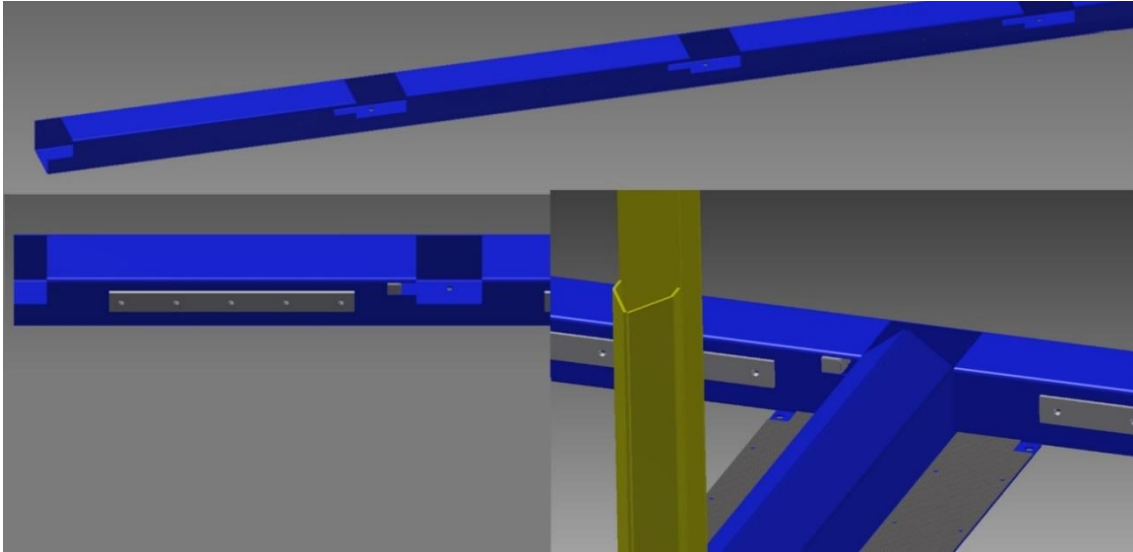


Ilustración 21 Diseño de tope de diferenciales

Finalmente, al ensamblar todos los componentes, la estructura que alojaría los contenedores de diferenciales quedó de la siguiente manera:

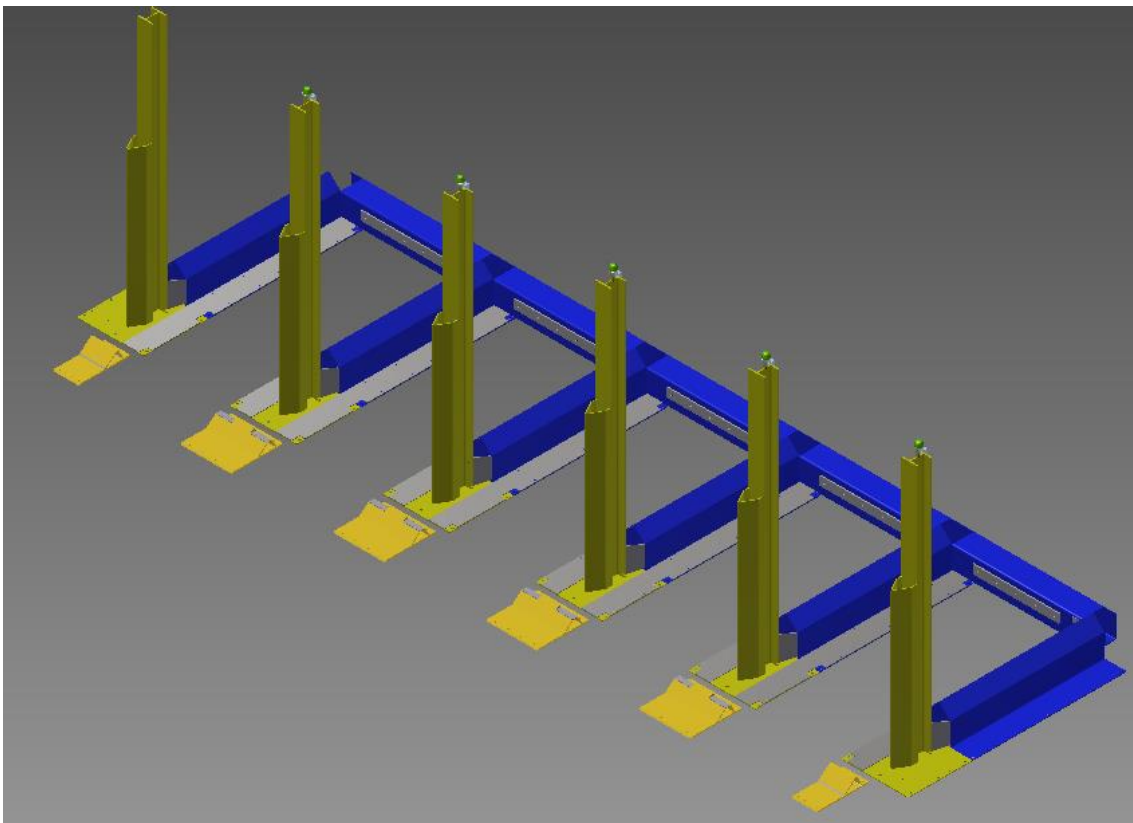


Ilustración 22 Diseño general de la estructura de diferenciales

En este caso, se siguió la misma filosofía que para la estructura de brazos. Todas las piezas fabricadas están hechas partiendo de chapas o componentes de calderería normalizados, cortados por láser y algunos de ellos plegados.

En ambas estructuras se instalaron ciertos componentes comunes. Se decidió instalar unas cuñas para hacer de tope con las ruedas de la carretilla para evitar que estas impactasen directamente en los postes (en el caso de la estructura para los diferenciales), lo cual podría causar deformaciones y vibraciones con las cuales se cortarían las barreras contiguas. En el caso de la estructura para los contenedores de los brazos, se pusieron con el objetivo de no sobrecargar los topes del fondo, que con el uso acabarían deformándose.

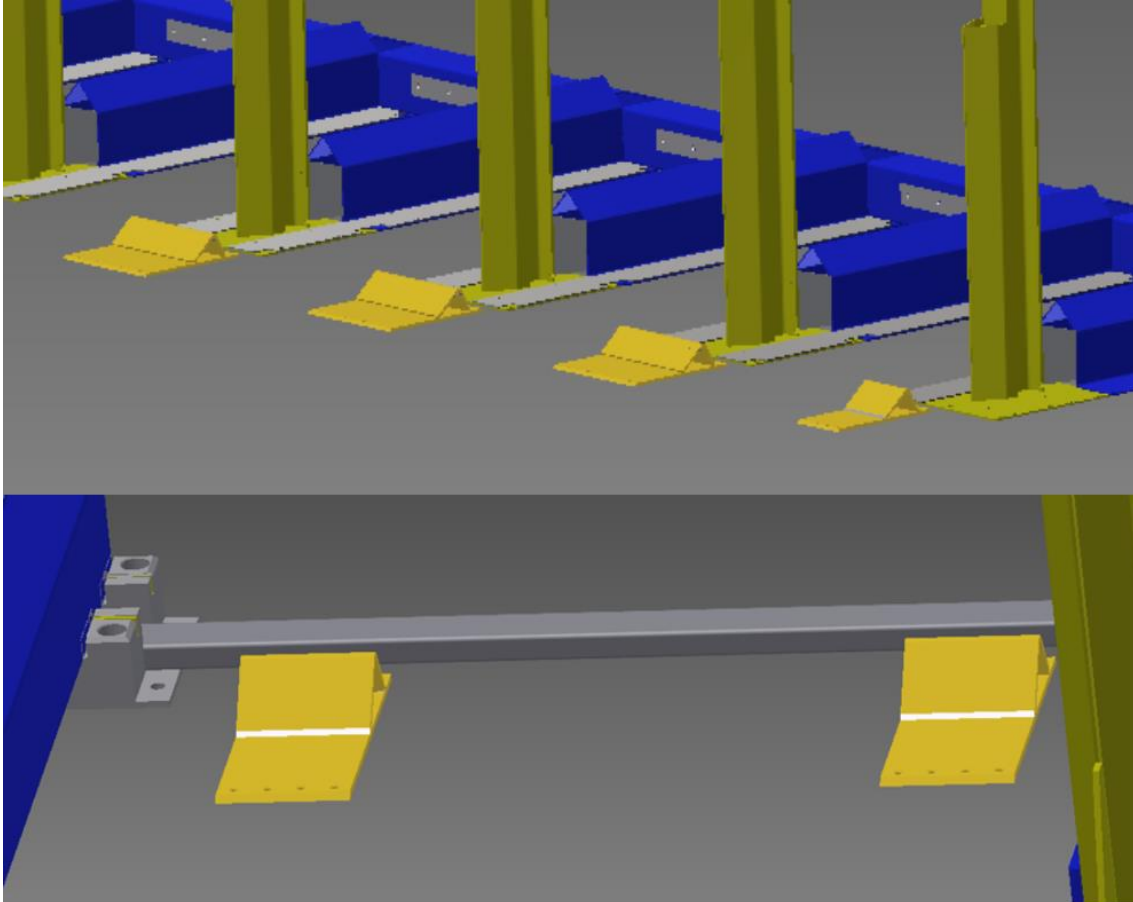


Ilustración 23 Instalación de cuñas para las carretillas

Por otro lado, se instalaron unas balizas en lo alto de los postes que se programaron para que cuando haga falta cambiar de contenedor, porque se ha vaciado o no se detecte algún contenedor, luzca rojo. Cuando se está cortando el lazo de corriente del suelo, se ilumina en blanco intermitente y cuando está todo correcto, se ilumina en verde.

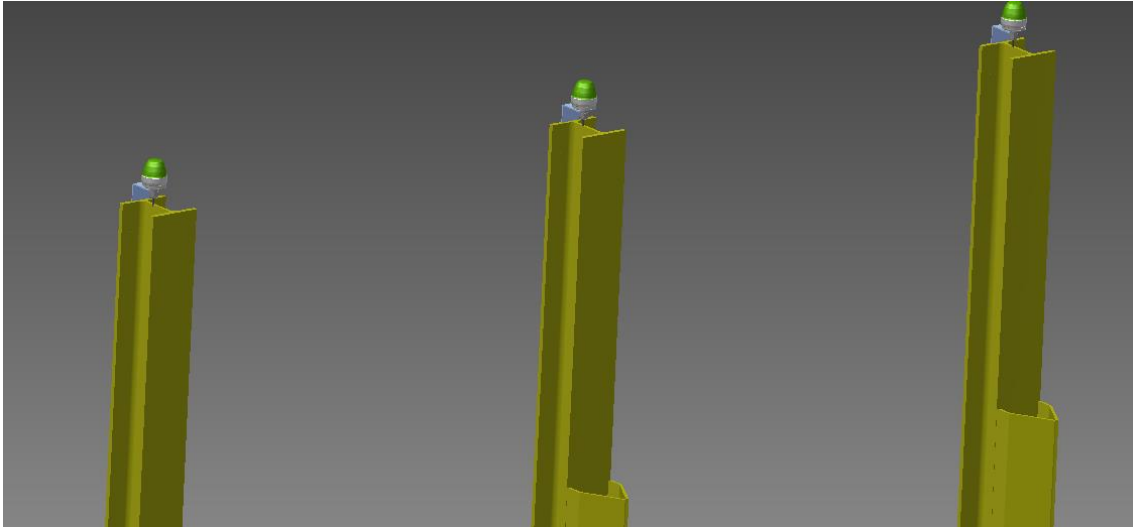


Ilustración 24 Instalación de balizas

En la siguiente ilustración se muestra con líneas en color rojo los lugares por donde se llevarían los cables de las instalaciones eléctricas de los periféricos (barreras, lazos de corriente, balizas y sensores). Estos se agrupan en dos cajas eléctricas representadas como rectángulos rojos y, desde ahí, van directamente al armario de la estación.

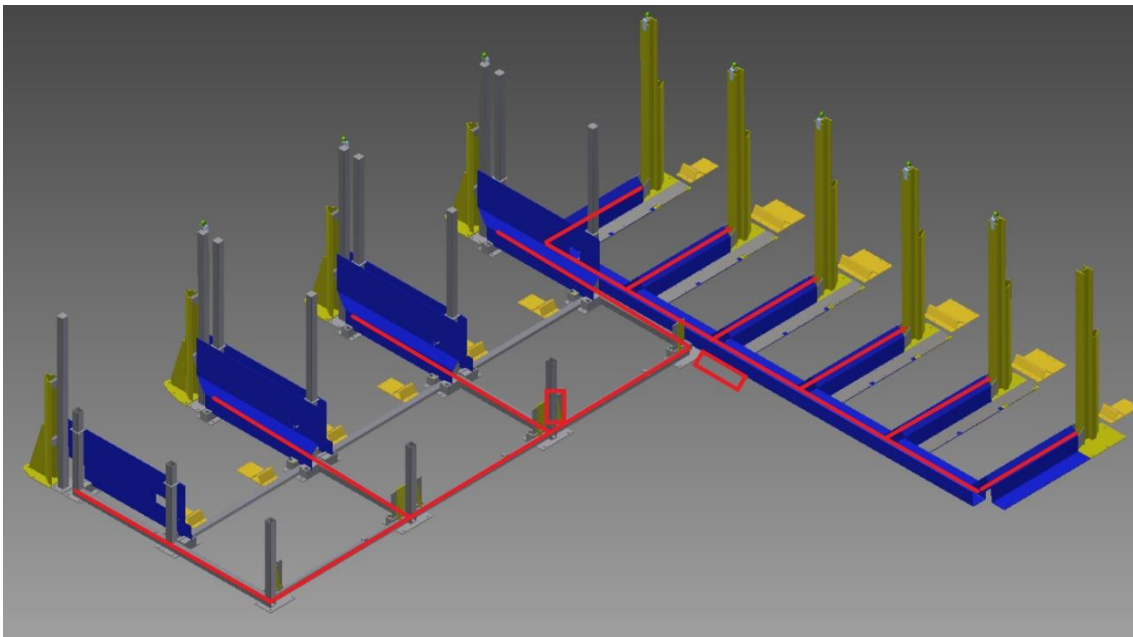


Ilustración 25 Disposición de los cables y cajas eléctricas

Por último, se creó un ensamble donde se importaron los contenedores, tanto de brazos como de diferenciales, con las piezas necesarias en las primeras y últimas posiciones con el objetivo de posteriormente simularlo de nuevo en Robot Studio. Con todo lo anterior la estructura queda de la siguiente manera:

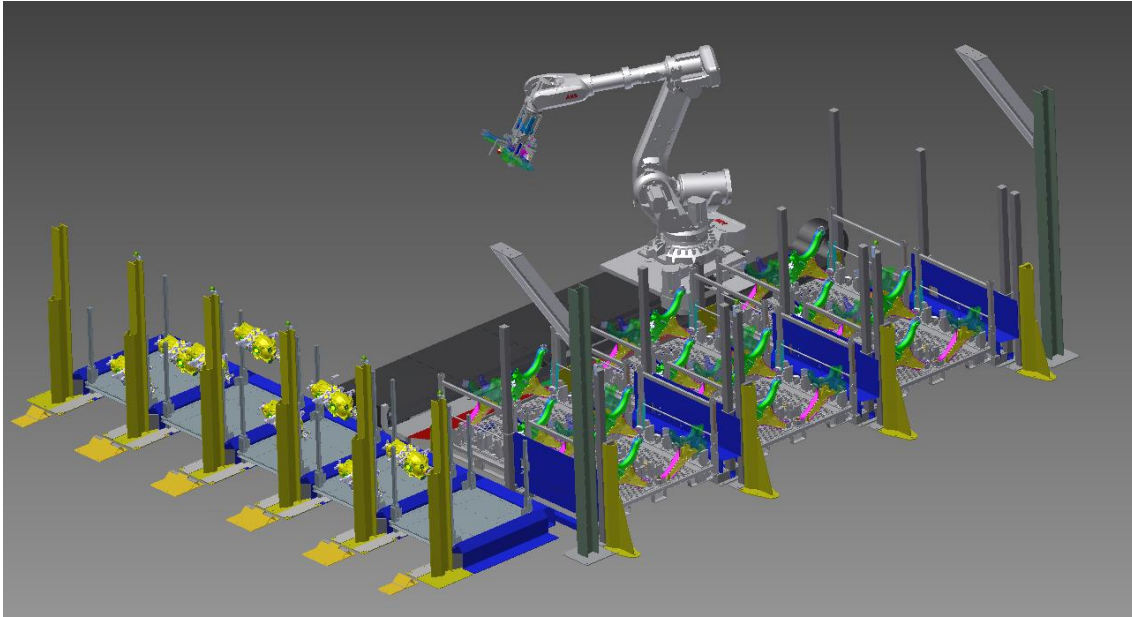


Ilustración 26 Diseño de estructura completa

Tras tener todas las partes de la estación diseñadas, se realizaron todos los planos de fabricación, tanto de los componentes sueltos, como de los submontajes que van soldados, con las acotaciones y notas para hacer hincapié en los detalles más importantes (materiales, cantidades, etc.). Al tener todas las piezas listas para mandar a fabricación, se pasaron a los formatos comunes y tras mandarlas se hizo una pequeña reunión de dudas y explicaciones con la empresa para que quedase todo claro.

6. Puesta en marcha

- Montaje en Dual

El objetivo de hacer un premontaje en Dual era poder tener la estación prácticamente completa y funcional para poder empezar a programar el robot y coger los puntos de las trayectorias aproximados para que posteriormente, cuando se montase en la planta, el tiempo de instalación fuese considerablemente más rápido. Por otro lado, de esta forma también surgieron algunos problemas que anteriormente no habíamos contemplado. Uno de ellos fue que algunas de las piezas fabricadas no encajaban perfectamente, por lo que hubo que hacer adaptaciones para poder solucionarlo. También se decidió colocar el robot girado 180 grados para que el tope mecánico del primer eje quedase en un sitio más cómodo a la hora de realizar las trayectorias y redujese de esta forma el tiempo de ciclo de la estación. Al coger las primeras posiciones de un contenedor de brazos, tenían una colisión con la cadeneta que lleva los cables por el track. Finalmente, se solucionó desplazando esta cadeneta unos centímetros, lo suficiente para que no colisione la garra en esas posiciones.

- Montaje en Benteler

Para realizar este montaje se realizaron los siguientes pasos:

- Retirar las chapas del suelo que había anteriormente
- Pintar y alisar el suelo
- Colocar el track en el lugar correcto referenciándolo con la línea.
- Colocar el robot
- Colocar todas las estructuras de los contenedores y ajustarla para que las medidas de las ubicaciones fuesen correctas.
- Hacer la instalación eléctrica y neumática (lazos, barreras, sensores, instalación del robot y track)
- Una vez estuvo funcional la estación se retocaron todos los puntos, tanto de cogidas de cada contenedor como de dejadas en las paletas.

- Puesta en marcha

La puesta en marcha fue según lo previsto. En los primeros días solamente se activó el robot por las mañanas, ya que requería atención continua y generaba demasiadas paradas. En los turnos de tarde y noche se trabajó con el modo backup. Durante estos primeros días surgieron ciertos fallos de programación que no se habían visto anteriormente. También se iban retocando los puntos de cogida y dejada que más fallasen. Tras pulir esos detalles, se dejó funcionando la estación varios días los tres turnos, con el objetivo de que todos los responsables se formasen con los fallos que iban surgiendo y mientras tanto se recogían los datos que saca la estación para poder recopilar las posiciones que más fallaban, tiempos de ciclo reales y las paradas que se generaban con los fallos.

- Mejoras en ubicaciones de contenedores

En el caso de las ubicaciones de los contenedores de brazos, tras pasar varios días se veía cómo muchos contenedores no llegaban a la posición final donde deberían llegar. Esto se debía a varias razones. Una de ellas era que los resbalones laterales estaban demasiado cerca y en algunos contenedores, que eran algo más anchos, los restringían demasiado haciendo que no encajasen bien. Para solucionar este problema se desplazaron los resbalones 6 mm hacia el exterior haciendo que ya ningún contenedor rozase en exceso.

De la misma forma, los topes del fondo, donde estaba pensado que los carretilleros chocasen con ellos y bajasen, finalmente vieron que les era más sencillo encajar primero los conos más cercanos a la carretilla. Por ello, no utilizaban la función para la cual se habían diseñado los topes y estos molestaban para pasar a la segunda posición del contenedor. También se detectó que los resbalones laterales estaban diseñados demasiado ajustados y en algunas ocasiones rozaban. Con todo esto se decidió eliminar los topes intermedios, ya que no se utilizaban para su propósito y molestaban para meter la segunda posición de contenedor. Para los topes del fondo se desplazaron 10 mm hacia el fondo a modo de seguridad para que de ninguna manera pudiesen colisionar con el track.

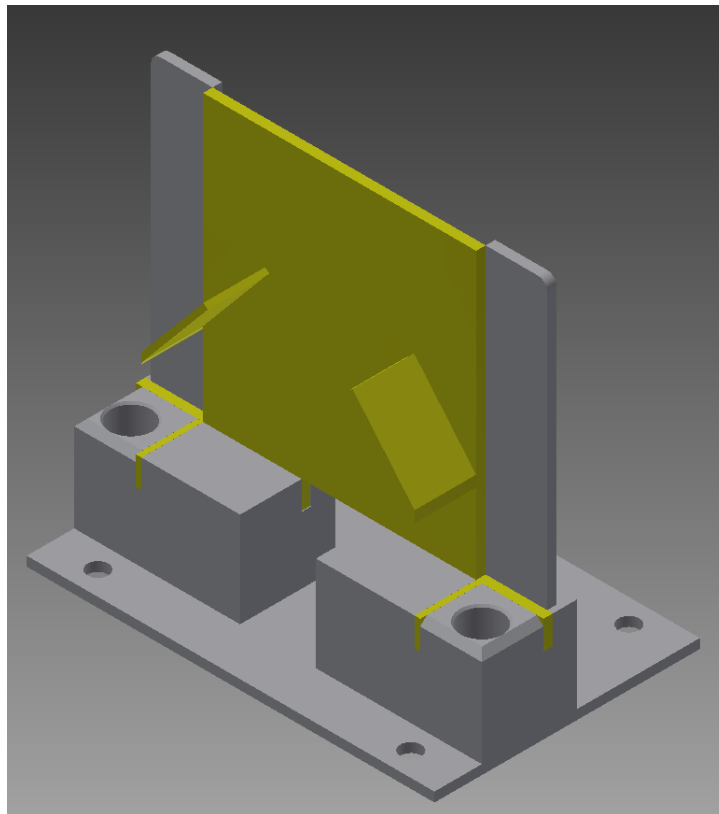


Ilustración 27 Modificación de topes posteriores

Por otra parte, la distancia entre los agujeros donde iban encajados los conos del contenedor no tenían las medidas exactas. Esto sumado a que los contenedores tienen cierta dispersión en esa medida, hizo que hubiese que modificar las bases haciendo los agujeros colisos tanto en el eje x como en el y con el objetivo de subsanar tal dispersión y corregir los errores iniciales que podían ser causados en la fabricación, transporte o montaje.

- Plataformas pulmones

Tras estar un tiempo con el robot funcionando y habiendo depurado todas las trayectorias y sus parámetros para evitar todas las paradas posibles por fallos, se vio que el robot solamente era el cuello de botella, es decir, que paraba a las estaciones siguientes por falta de material, cuando alguno de los contenedores se acababa y tenía que ser remplazado. Para evitar ese tipo de paradas se pensó en tener ciertas ubicaciones de material de reserva para que en la situación antes descrita se pudieran consumir sin parar la línea. Estas posiciones se pensaron de manera más prioritaria para las variantes de mayor consumo. En cuanto a las variantes de los brazos, hay una gran disparidad entre los consumos, ya que una de las variantes la lleva el 66% de los ejes mientras que la de menor consumo es un 1% de los ejes. Por tanto, en este caso se decidió usar las dos ubicaciones de los contenedores de la variante de menor consumo a modo de pulmón para la de mayor consumo. Y se fabricaron unas plataformas aprovechando un contenedor de brazos dañado. A este se le pusieron unas patas y se cortó de manera que se pudiese encajar en un hueco entre las ubicaciones de brazos y el vallado. En ellas se colocaron brazos de la segunda variante de mayor consumo.

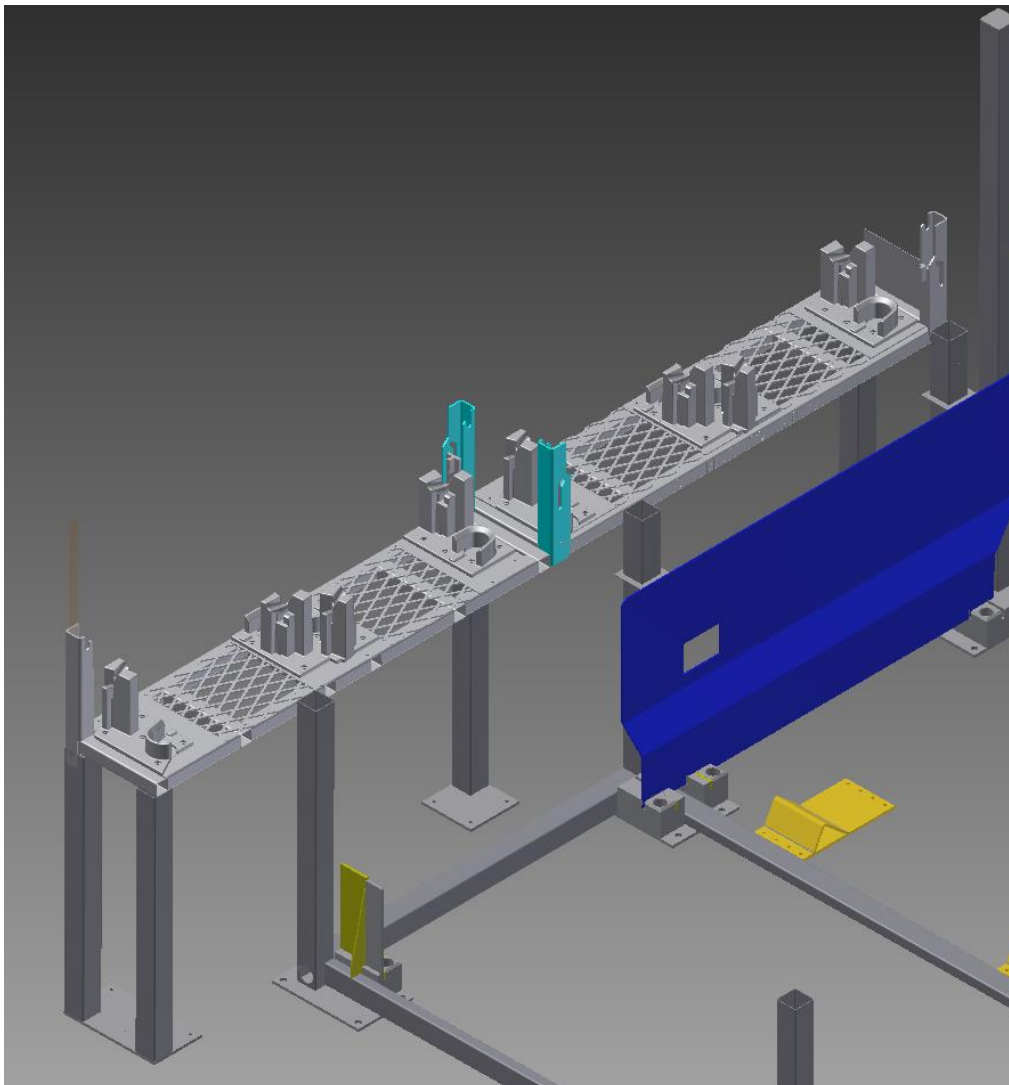


Ilustración 28 Plataforma de pulmón de brazos

En el caso de los diferenciales se optó por modificar la instalación que había para poder cargar y descargar los contenedores con la transpaleta eléctrica sin necesidad de que venga el carretillero a hacer el cambio. Para ello, hubo que modificar las cuñas que hacen tope

con las ruedas de las carretillas porque las transpaletas eléctricas no son capaces de levantar el contenedor lleno de diferenciales a la altura suficiente como para sobrepasarlos, por lo que se rebajó la altura de dichas cuñas.

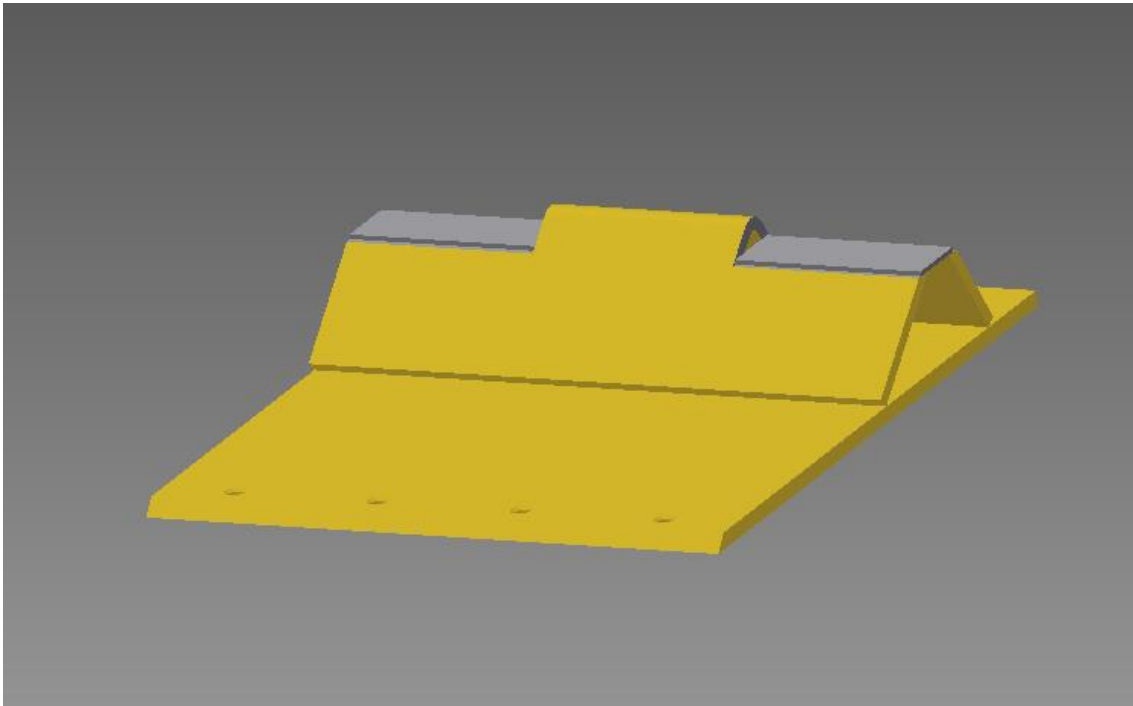


Ilustración 29 Modificación de cuñas de carretillas

7. Conclusiones

Gracias a este trabajo he podido aprender cual es el proceso completo que hay que llevar a cabo para realizar un proyecto de estas características. Empezando desde cero, es decir, las ideas generales de cómo tendría que ser, pasando por unas primeras simulaciones, aceptación económica del proyecto, diseño de diferentes piezas, hasta llegar a la fabricación de dichos componentes, la puesta en marcha y mejora continua hasta llegar a los objetivos programados.

En todas las etapas del proyecto he estado aprendiendo en diferentes materias. Inicialmente hice un trabajo de investigación sobre proyectos anteriores de instalaciones similares o que podían servir de base para empezar este proyecto. También utilicé el programa de Autodesk Autocad para analizar y modificar los planos de la planta en su primera etapa y también en sus últimas versiones para dejar representadas las modificaciones que ha tenido la línea.

Seguidamente aprendí a usar RobotStudio para hacer las simulaciones, para lo cual consulté el Manual del operador RobotStudio [3] entre otras fuentes. La función que tenía que realizar en este programa consistía en ver el alcance del robot con la instalación que íbamos a realizar y ajustar el lay out para adaptarlo. Posteriormente se cogieron puntos de lo que sería una cogida y dejada real con el fin de realizar unas trayectorias lo más reales posibles. El fin de estas simulaciones era intentar replicar de la forma más exacta posible lo que sería la estación real para poder analizar aspectos como tiempos de ciclo, problemas de colisiones, puntos de difícil acceso para el robot, etc.

En el proceso del diseño de los diferentes componentes aprendí a proyectarlos pensando en la fabricación, montaje y el coste de los mismos. Para ello, utilicé el programa de Autodesk Inventor, con el cual me formé para trabajar con productos normalizados, chapas plegadas y mejoré mi manejo del programa gracias a la formación recibida [4]. De esta manera hice todo el modelo con las mínimas piezas mecanizadas posibles, con materiales normalizados y sin grandes dificultades técnicas. También se pensó constantemente en el montaje, para el cual se diseñaron piezas que fuesen encastradas entre ellas para poder asegurar las medidas y facilitar el montaje al no tener que medir para soldar las piezas.

Durante la puesta en marcha pude detectar todos los aspectos a mejorar. En la parte que respecta al diseño de la estructura de los contenedores de brazos, me di cuenta de que intenté que los contenedores quedasen fijados por todos los encauzadores y topes, lo cual fue un error porque al montarlo los escasos márgenes que les di en algunos sitios se cerraron y quedaron aún más justos. Por otro lado, la dispersión en el estado de los contenedores nos dio problemas debido a que las medidas exteriores y las medidas entre los conos centradores no eran exactas por lo que había contenedores que no apoyaban correctamente en las bases, lo que se traducía en continuas malas cogidas del robot. Para poder solucionar estos fallos, se propusieron diferentes cambios en la estructura, con lo que finalmente, aproximadamente un mes después de la puesta en marcha, se cumplieron todos los objetivos definidos para este tipo de instalaciones.

8. Bibliografía

- [1] “Cuaderno de cargas de estación automatizada de carga de brazos de suspensión y diferenciales,” Vitoria-Gasteiz, 2016.
- [2] ABB, *Appendix 15.1 Price list IRB_BTC_Track 01.09.2018-31.08.2020_CE*. 2021.
- [3] “ABB Robotics Manual del operador RobotStudio,” 2008.
- [4] “CURSO DE DISEÑO 3D AUTODESK INVENTOR,” A Coruña.