



Implementación de un proceso automatizado de diseño de estructuras metálicas

Juan Ricardo Deossa Morales

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutor

Silvio Andrés Salazar Martínez, Ingeniero Mecánico, Magíster (MSc)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita	(Deossa Morales, 2023)
Referencia	Deossa Morales, J. (2023). Implementación de un proceso automatizado de diseño de estructuras metálicas, [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Pedro León Simancas.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Resumen.

La empresa Meiker S.A.S cuenta con un área de diseño, la cual es la encargada de proveer toda la información necesaria para que se puedan llevar a cabo las fabricaciones que requiere el cliente de la mejor manera y en el menor tiempo posible. Se evidencia que, aunque no es una empresa de fabricaciones en serie, hay algunas fabricaciones muy similares y cuya frecuencia de pedidos ha venido en aumento durante los últimos dos años, algunos ejemplos son las plataformas de mantenimiento para equipos industriales y los cerramientos para equipos y procesos (pasamanos). Teniendo en cuenta lo anterior, y el hecho de que no exista ningún tipo de estandarización o automatización de plantillas para la modelación CAD de las fabricaciones, se toma como eje principal de este proyecto, la elaboración de plantillas automatizadas de modelación CAD en el software Autodesk Inventor, para el desarrollo de modelos a detalle de plataformas modulares de mantenimiento, pasamanos y escaleras de acceso.

Durante el desarrollo de este proyecto, se realiza un análisis de los diferentes tipos de clientes que tiene la empresa, ya que varían los materiales de las fabricaciones según sean empresas de producción de alimentos (Acero inoxidable) u otro tipo de empresa. También se revisan los tiempos de entrega de diseños y planos de fabricación al área de producción, a partir del momento de la adjudicación del proyecto al área de diseño. Esto con el fin de evaluar el impacto que logra la estandarización y automatización de las plantillas de diseño.

Contenido.

Resumen.....	3
1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3. Marco teórico.....	6
4. Metodología.....	7
4.1 La importancia del modelado Top-Down.....	7
4.2 Definición de parámetros.....	12
4.3 Enlace de parámetros con Ilogic.....	13
4.4 Organización de las plantillas.....	14
5. Resultados y análisis.....	15
5.1 Plantilla para pasamanos recto.....	16
5.2 Plantilla para pasamanos en “L”.....	16
5.3 Plantilla para pasamanos en “U”.....	17
5.4 Plantilla para plataforma rectangular.....	17
5.5 Plantilla para escalera.....	18
5.6 Combinación y ejemplo de ensamble modular.....	18
6. Conclusiones.....	21
7. Referencias.....	22

1. Introducción.

La empresa Meiker SAS, ubicada en el municipio de Copacabana en el departamento de Antioquia, se dedica a la creación de soluciones integrales para diferentes tipos de industria colombiana, algunos de sus servicios son el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas.

La estructura de los proyectos realizados por la empresa es la siguiente:

- Se recibe una solicitud de parte del cliente y se realiza una visita técnica para aclarar todas las dudas sobre el proyecto.
- Se realiza un diseño preliminar en el cual es importante obtener datos como lista de materiales necesarios y su respectivo peso unitario y total, esto con el fin de realizar de la manera más acertada posible, una cotización (oferta) especificando el alcance del proyecto.
- Si el proyecto es aprobado, se procede con el diseño en detalle, el cual consiste en realizar una modelación CAD y los respectivos planos de fabricación.
- Por último, se realiza el pedido de materiales y solicitud de fabricación para posteriormente realizar el respectivo montaje o suministro al cliente según se requiera.

De lo anteriormente mencionado, se puede evidenciar que tanto en el diseño preliminar como en el diseño en detalle se requiere de modelación CAD y al realizar una mejora que disminuya significativamente los tiempos en estas actividades, se pueden obtener resultados óptimos tanto en la realización de la oferta como en los procesos de fabricación. Teniendo en cuenta que en la empresa Meiker hay algunos tipos de fabricaciones que son muy comunes dentro del desarrollo de los proyectos y puede ser de gran ayuda algún tipo de automatización en su modelación CAD.

Desde el año 2019, Meiker ha tratado de mejorar la parte de la modelación CAD mediante la implementación de dos mejoras. La primera es una metodología de modelación llamada Top-Down Design, esta metodología consiste en diseñar una pieza o ensamble los cuales son fácilmente modificables mediante un boceto maestro conocido como Máster Sketch.

La segunda es la implementación del uso de herramientas que permiten utilizar algún lenguaje de programación para enlazarlo con el programa CAD y así poder desarrollar plantillas que permitan la fácil generación de modelos frecuentemente utilizados en los proyectos, como por ejemplo estructuras metálicas para plataformas industriales, en las que el modelo CAD es muy similar y por lo general solo requiere variaciones en algunos parámetros como lo son su longitud, ancho, espesor, tipo de perfil y material.

Aunque la metodología Top-Down ya fue implementada en la empresa, aun no se ha logrado llevar a cabo el desarrollo de plantillas automatizadas para ningún tipo de fabricación; esto se debe a la falta de conocimiento en programación de software por parte del personal de la empresa que se encarga de modelar. Teniendo en cuenta que esta metodología es muy útil en cuanto a realizar pequeños cambios en los parámetros de un modelo, se requiere continuar con el proceso de mejora y así implementar una serie de plantillas automatizadas teniendo como base la metodología de diseño Top-Down. Estas plantillas se realizarán para estructuras metálicas utilizadas en la fabricación de plataformas industriales.

2. Objetivos.

2.1 Objetivo general.

Implementar plantillas automatizadas para la generación rápida de modelos CAD de fabricaciones comúnmente utilizadas en los proyectos realizados por la empresa Meiker SAS.

2.2 Objetivos específicos.

- Elaborar una plantilla en un programa de modelación CAD que permita la generación eficiente de estructuras metálicas en plataformas de acceso y mantenimiento para procesos industriales.
- Elaborar una plantilla en un programa de modelación CAD que permita la generación eficiente de pasamanos de seguridad para plataformas industriales
- Elaborar una plantilla en un programa de modelación CAD que permita la generación eficiente de escaleras de acceso a plataformas de mantenimiento.

3. Marco teórico.

La palabra CAD significa diseño asistido por computadora y ha tenido una evolución muy acelerada desde sus inicios en los años 60, en donde solamente se podía dibujar en la pantalla de un computador con un lápiz óptico y el pulso del diseñador.

Para la década de los 70, los programas CAD ya lograban generar modelos 2D a partir de geometrías comunes y restricciones. Sin embargo, un avance que llegaría unos años más tarde y lograría impactar en todo tipo de industrias fue el hecho de poder generar modelos 3D tanto de sólidos como de superficies. Vale la pena resaltar que la evolución acelerada de estos programas se produjo

debido a los grandes avances en la manufactura de componentes electrónicos cada vez más potentes y el desarrollo de software en general [1]

Hoy en día existe una gran cantidad de software CAD, los cuales tienen precios distintos, alcances distintos y herramientas automatizadas (en su mayoría no gratuitas) enfocadas en optimizar ciertos tipos de diseños en las diferentes industrias [3]. Por lo tanto, al lograr implementar una herramienta de este tipo en un software que no incluya estas herramientas de pago, se logra generar un impacto positivo en una empresa pequeña.

El software Autodesk inventor es un software CAD de licencia paga el cual no incluye plantillas automatizadas que generen modelos a partir de una interfaz amigable con el usuario. Sin embargo, al adquirir cualquier versión de este software, se pueden realizar este tipo de plantillas con una herramienta incluida llamada Ilogic. Esta herramienta permite controlar los parámetros del modelo mediante el uso de conceptos básicos de programación, utilizando el lenguaje visual basic [4].

Los parámetros controlados por Ilogic pueden ser de todo tipo dentro del contexto de archivos y dimensiones que maneja el software Autodesk Inventor, esto quiere decir que se pueden aplicar a dimensiones de bocetos, distancia entre planos, puntos y superficies, así como el número de elementos a repetir en patrones lineales. Debido a esta versatilidad, se puede utilizar esta herramienta tanto en relaciones multicomponente (ensamblajes), como en piezas individuales como los engranajes de una caja de transmisión de potencia.[6].

La modelación Top Down consiste en derivar piezas a partir de un boceto maestro el cual tiene en cuenta todas las partes de un ensamble global, su posición y sus respectivas dimensiones y relaciones [2].

El objetivo principal de esta metodología de diseño es crear un ensamble de distintas piezas o subensambles en donde se relacionan de forma paramétrica, esto quiere decir que ninguna pieza diferente del boceto maestro, es totalmente independiente.

Para utilizar esta metodología, se debe tener claridad sobre varios aspectos antes de empezar a modelar, más específicamente la forma en que van a ir ensambladas las partes, posibles cambios a realizar en el diseño y parámetros críticos para lograr esa relación entre las partes.

Un concepto fundamental dentro del área de producción de bienes para un consumidor final es el proceso de producción, este concepto tiene como finalidad producir bienes que cumplan con los requerimientos del cliente y especificaciones técnicas. Los procesos de producción pueden ser de varios tipos, pero es importante destacar dos de ellos los cuales son el proceso en línea y el proceso por proyecto.

El proceso en línea está focalizado en el producto con los recursos organizados alrededor del mismo. Los volúmenes de producción en general son altos y los productos son del tipo estandarizado. En este tipo de proceso cada operación realiza el mismo procedimiento una y otra vez con poca o ninguna variabilidad, una característica fundamental es que los productos finalizados van a un inventario para estar listos cuándo se realice una orden de compra por parte del cliente. A este tipo de proceso se denomina producción en serie cuando los volúmenes son importantes. Como ejemplo de este proceso tenemos las líneas de fabricación de automóviles, de herramientas y muchas otras industrias.[5].

El proceso por proyecto es diferente al proceso en línea debido a que con este tipo de proceso se puede lograr una alta personalización, y generalmente tiene bajos volúmenes de producción. La secuencia de las operaciones es única para cada producto y son procesos de mayor duración comparados con el proceso en línea, por lo que se utilizan para obtener elementos únicos y sin repetición.[5]

En el caso de la empresa Meiker S.A.S, los procesos de fabricación se asemejan mas al proceso por proyecto ya que no se trata de una fabricación de productos en serie ya estandarizados. Sin embargo, en el sector de la industria que se encuentra la empresa y el tipo de clientes y sus requerimientos (los cuales dejan muchos factores de diseño a elección del fabricante), vale la pena pensar en adoptar ciertas medidas en búsqueda de la estandarización de algunas fabricaciones.

4. Metodología

4.1 La importancia del modelado Top-Down.

Primero se recopila información acerca de cómo funciona la metodología de modelación Top-Down, en donde el principio fundamental es que un boceto maestro tiene los parámetros principales que definirían el diseño. Si se requiere realizar algún cambio, este se debe hacer desde el boceto maestro y verse reflejado en los demás elementos del ensamble teniendo un efecto tipo cascada.

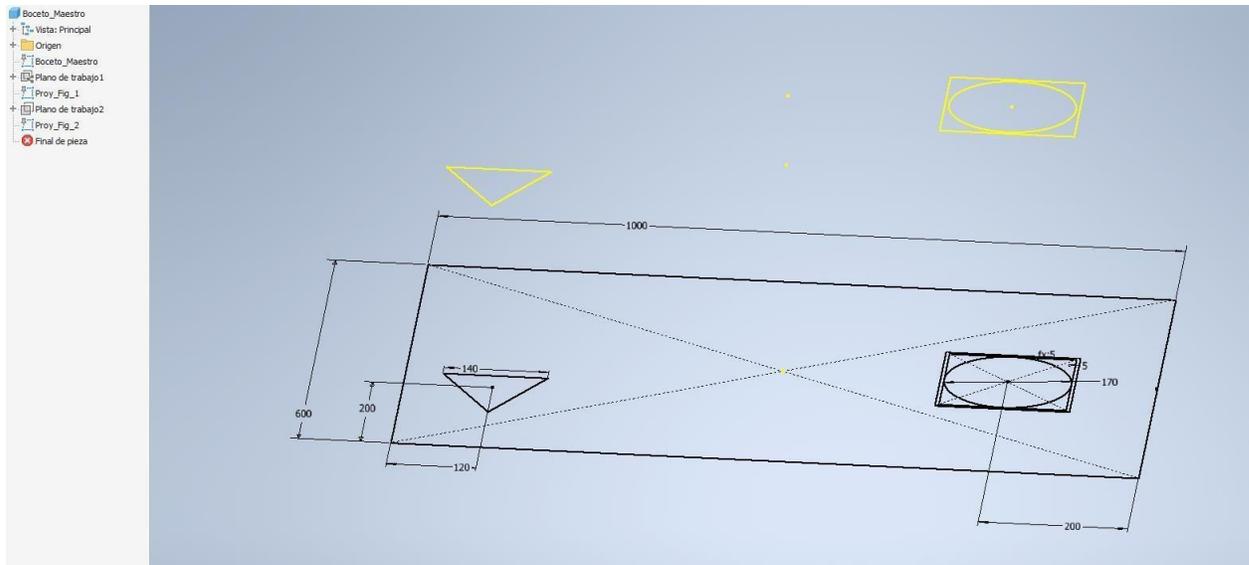


Figura 1, Boceto Maestro.

En la figura 1, se observa un ejemplo de un boceto maestro, en donde se puede evidenciar que existe un boceto principal y 2 bocetos auxiliares, los cuales son proyecciones de algunas líneas del boceto principal sobre algunos planos auxiliares. Se puede evidenciar que para modificar alguna cota se debe hacer directamente sobre el boceto maestro únicamente.

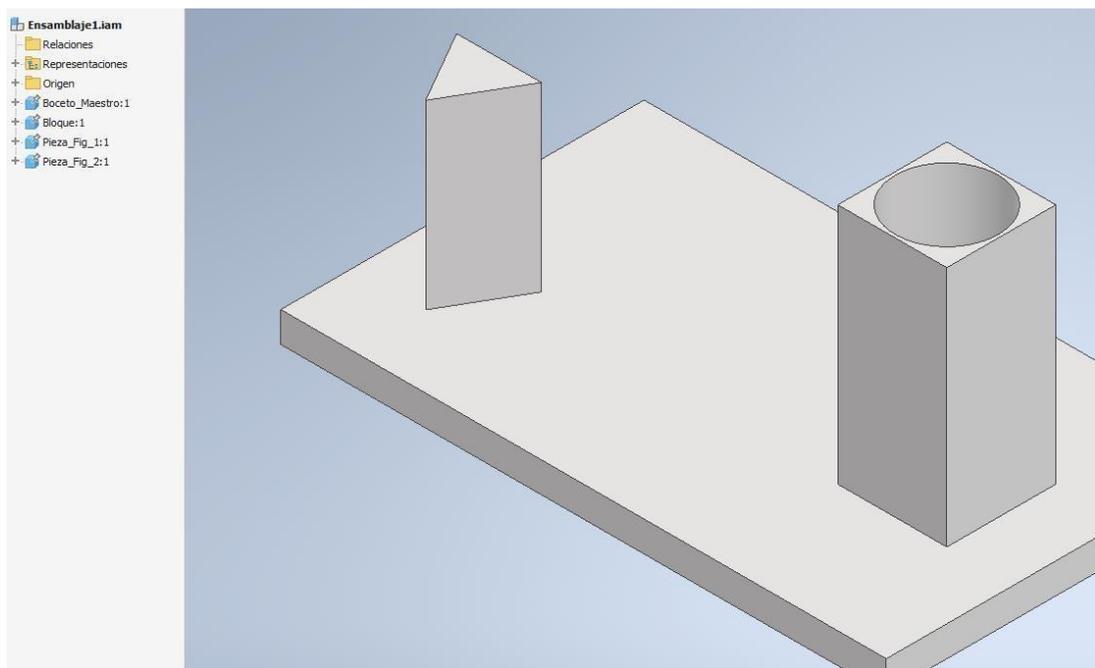


Figura 2, Ensamble con boceto maestro.

La imagen anterior muestra el archivo de ensamblaje el cual contiene 4 archivos en su interior, los cuales están ensamblados según el método de inventor “colocar fijo en el origen”. Se puede evidenciar que, a parte de las 3 piezas del ensamblaje, también está presente el archivo de boceto maestro, con esto queda claro como a partir de un solo archivo con un boceto maestro se puede parametrizar un ensamblaje completo.

A continuación, se muestran los bocetos que controlan los modelos para pasamanos de 3 tipos distintos utilizados para realizar el cerramiento de distintas áreas en la industria.

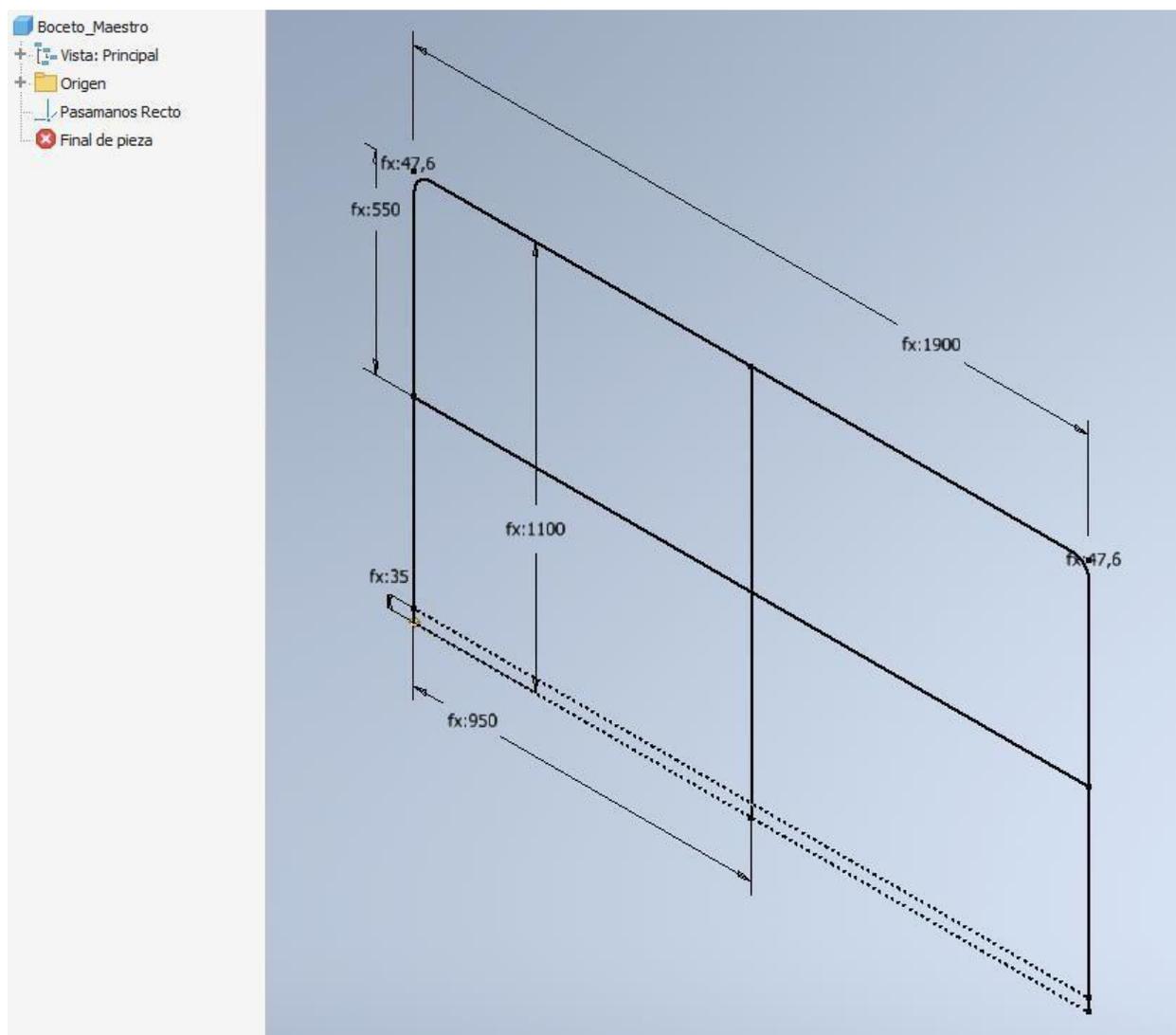


Figura 3, Boceto de pasamanos recto.

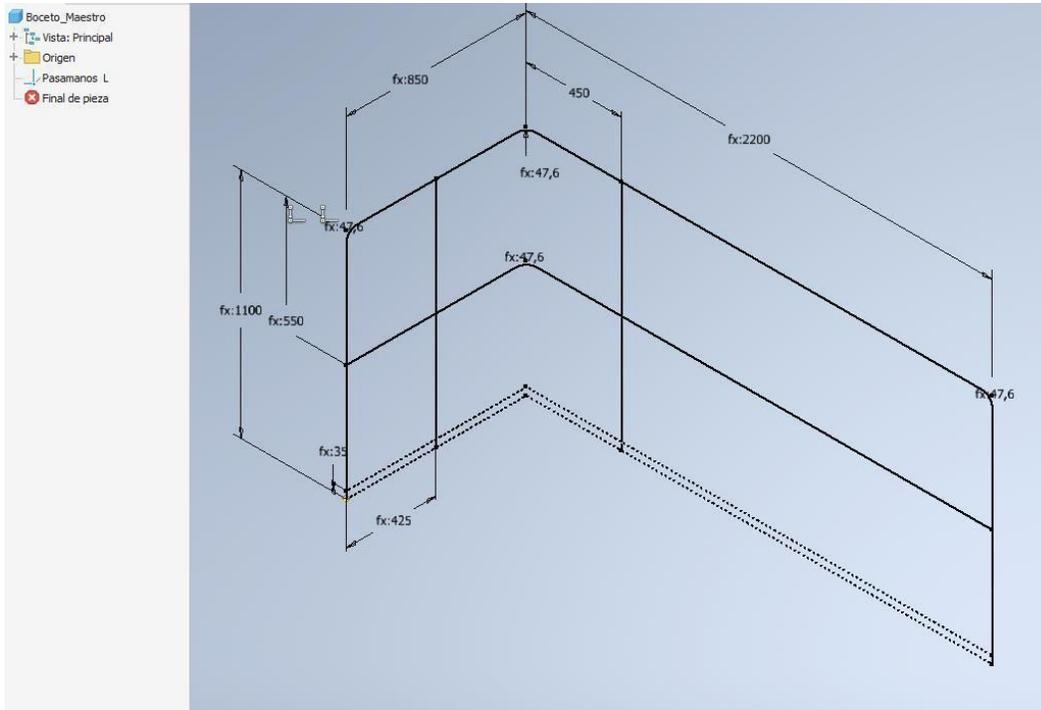


Figura 4, Boceto de pasamanos tipo L.

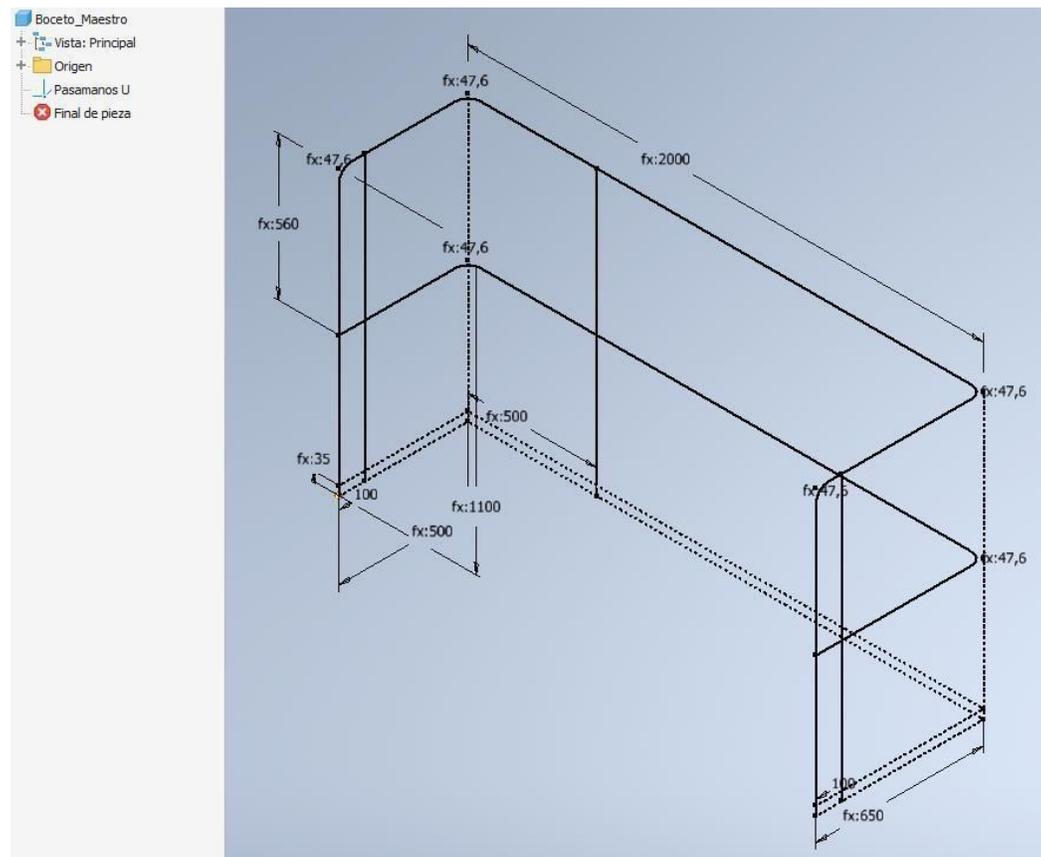


Figura 5, Boceto de pasamanos tipo U.

De manera similar se elabora el boceto maestro que define los módulos de plataformas de mantenimiento, los cuales están constituidos por un marco soldado con perfiles estructurales de diferentes tipos y laminas tipo alfajor o rejillas electrosoldadas.

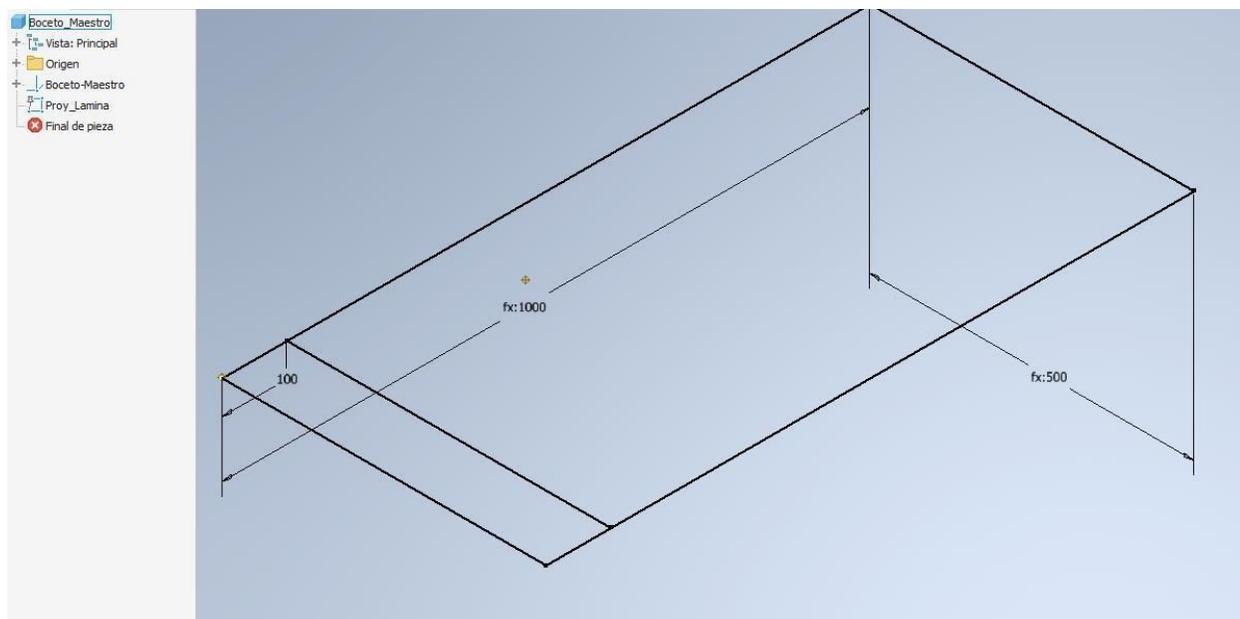


Figura 6, Boceto de plataforma rectangular.

Por último, se tiene el boceto maestro para una escalera de acceso.

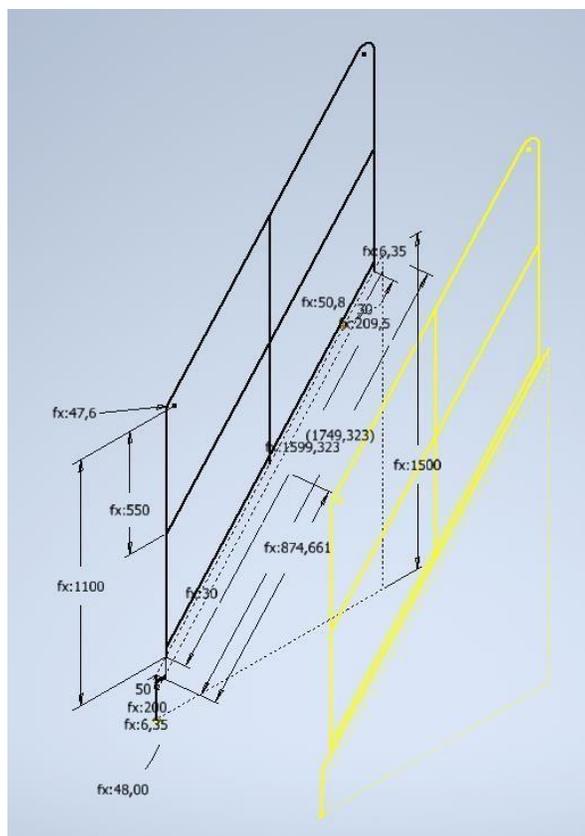


Figura 7 Boceto de escalera.

4.2 Definición de parámetros.

Existen parámetros que se conservan en prácticamente en todos los diseños (constantes) y otros que varían y definen las dimensiones claves que requiere el cliente, por esto es necesario identificar muy bien estos parámetros principales para todos los productos acá analizados y mostrarlos a continuación en la siguiente tabla.

<i>Descripción</i>	<i>Parámetro 1</i>	<i>Parámetro 2</i>	<i>Parámetro 3</i>	<i>Parámetro 4</i>
Pasamanos Recto	Altura	Longitud	N. A	N. A
Pasamanos “L”	Altura	Longitud 1	Longitud 2	N. A
Pasamanos “U”	Altura	Longitud 1	Longitud 2	Longitud 3
Plataforma	N. A	Longitud 1	Longitud 2	N. A
Escalera	Altura	Angulo de inclinación	Ancho del peldaño	Largo del peldaño

Tabla 1, Parámetros principales.

4.3 Enlace de parámetros con Ilogic.

Los parámetros previamente definidos y asignados en el archivo principal de boceto maestro deben ser enlazados en el archivo final de ensamble por medio de la herramienta Ilogic. Esto se hace mediante el uso de un formulario, el cual sirve como interfaz gráfica para que el usuario pueda manipularlos de una manera muy rápida e intuitiva.

A continuación, se evidencia en la primera imagen la asignación de los parámetros en el archivo de ensamble para ser usados posteriormente en el formulario.

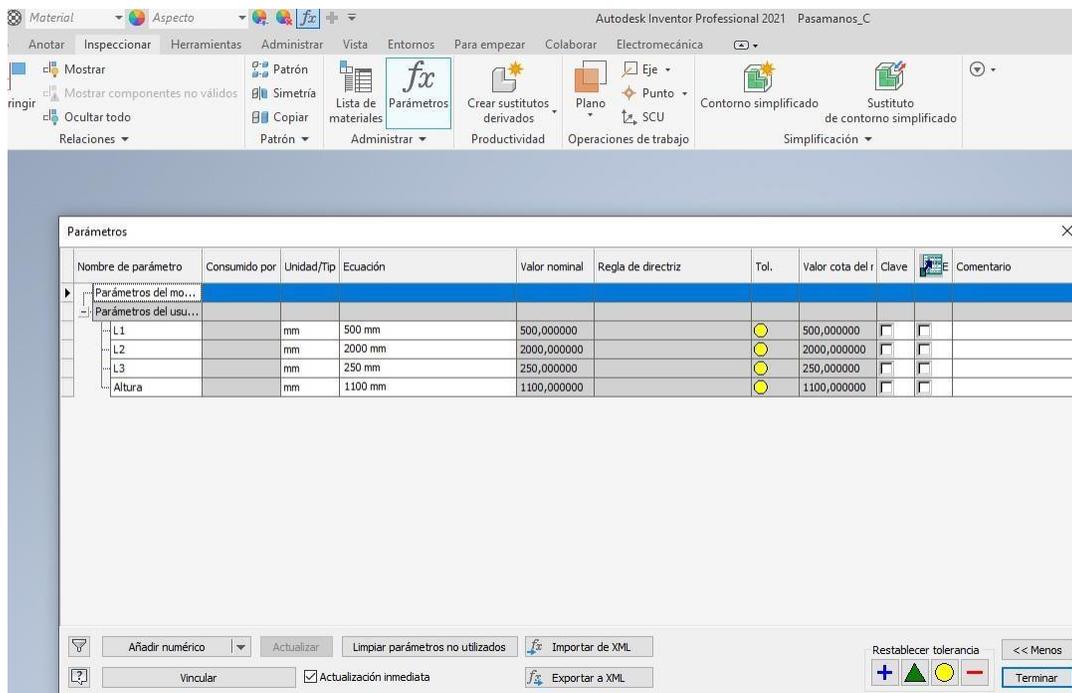


Figura 8, Parámetros de usuario.

Una vez creados los parámetros, se procede a crear el formulario con estos mismos.

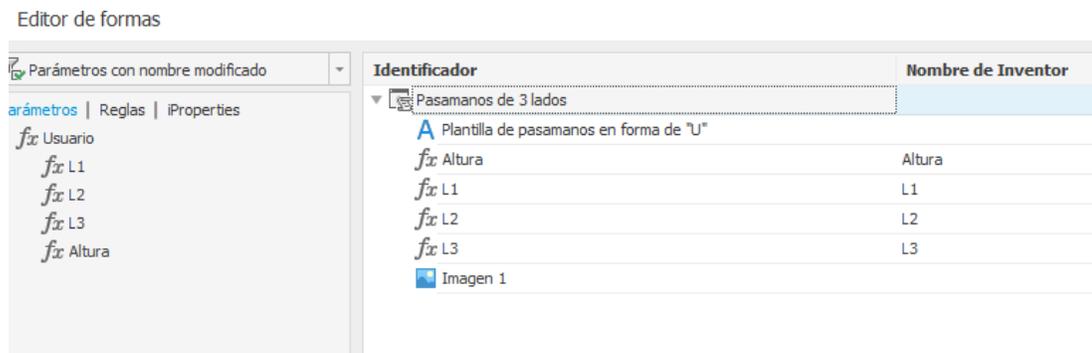


Figura 9, Parámetros de usuario y formulario Ilogic.

Por último, se deben enlazar los parámetros del boceto maestro con los parámetros del formulario, esto con el fin de que al cambiarlos, se modifique en el boceto maestro y se actualice el modelo. Este enlace se debe hacer mediante la asignación de variables según el lenguaje visual basic y en el espacio de reglas de Ilogic, para esto se debe de crear una nueva regla de programación.

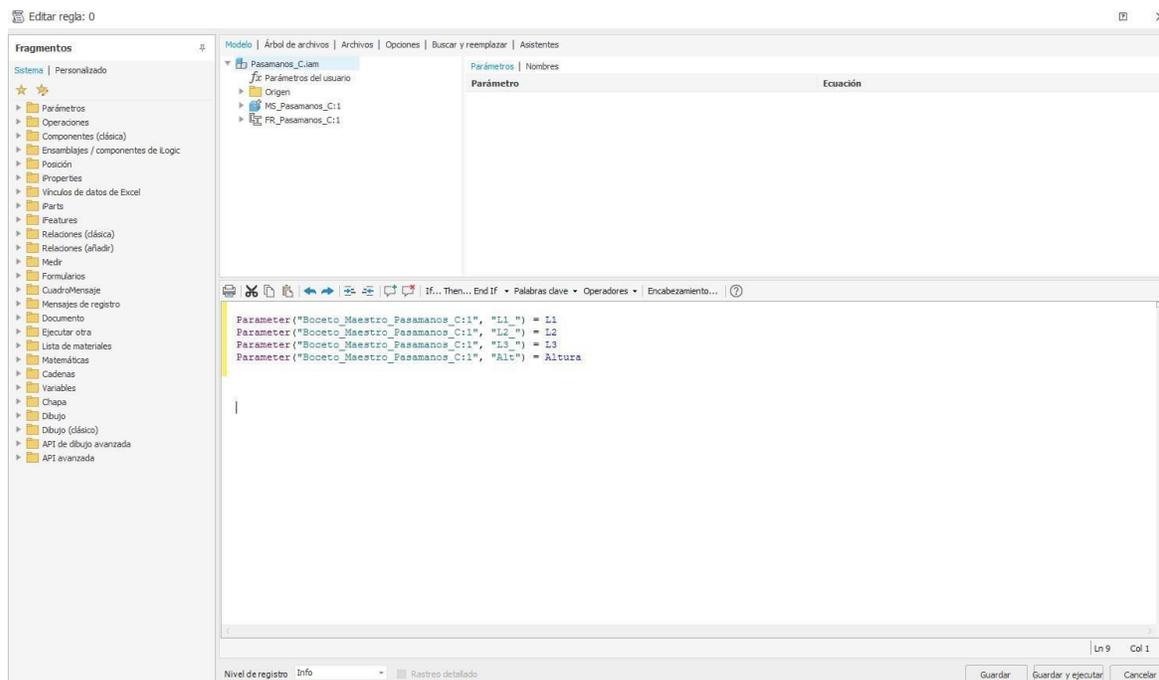


Figura 10, Asignación de parámetros mediante regla de programación.

Como se puede observar en la imagen anterior, la declaración lógica se hace igualando los parámetros del boceto maestro a los que defina el usuario en la interfaz gráfica y no al revés.

4.4 Organización de las plantillas.

Las plantillas se deben organizar dentro de una carpeta nueva la cual va a contener un archivo de pieza (.ipt) con el boceto maestro, este debe tener todos los parámetros principales del modelo explicados anteriormente. La carpeta también debe incluir un archivo de ensamble el cual va a contener todas las piezas ensambladas en el origen y con un formulario de Ilogic para que el usuario pueda modificar los parámetros de manera intuitiva.

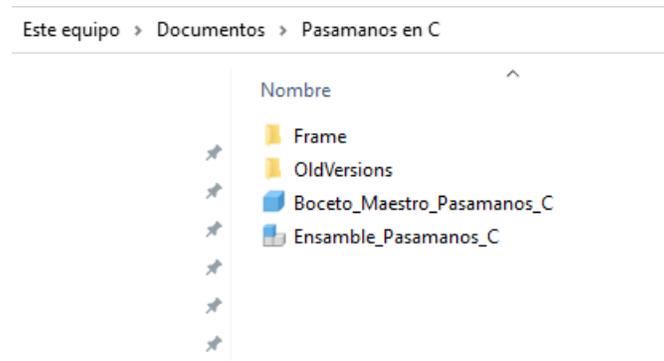


Figura 11, Carpeta contenedora.

5. Resultados y análisis.

A continuación, se obtiene el resultado para las plantillas de varios tipos de pasamanos, para un módulo de plataforma rectangular y una escalera. Cabe resaltar que la selección de los perfiles se puede cambiar mediante el acelerador de diseño de estructuras en cada archivo de ensamble individual, sin embargo, se realizan las siguientes consideraciones para las plantillas de este estudio, según los perfiles y materiales más demandados para las fabricaciones:

- Pasamanos en tubería de cerramiento de Acero al carbono con diámetro de referencia 1 1/4" y espesor de 2 mm.
- Platina para protección de caída contra objetos para pasamanos en Acero HR con ancho de 4" y espesor de 3 mm.
- Perfiles para plataforma y escalera en canal de acero al carbono de 4"
- Piso para plataforma y peldaños para escalera en rejilla electrosoldada de acero al carbono con ancho de 1 1/8" y espesor de 3/16".

5.1 Plantilla para pasamanos recto.

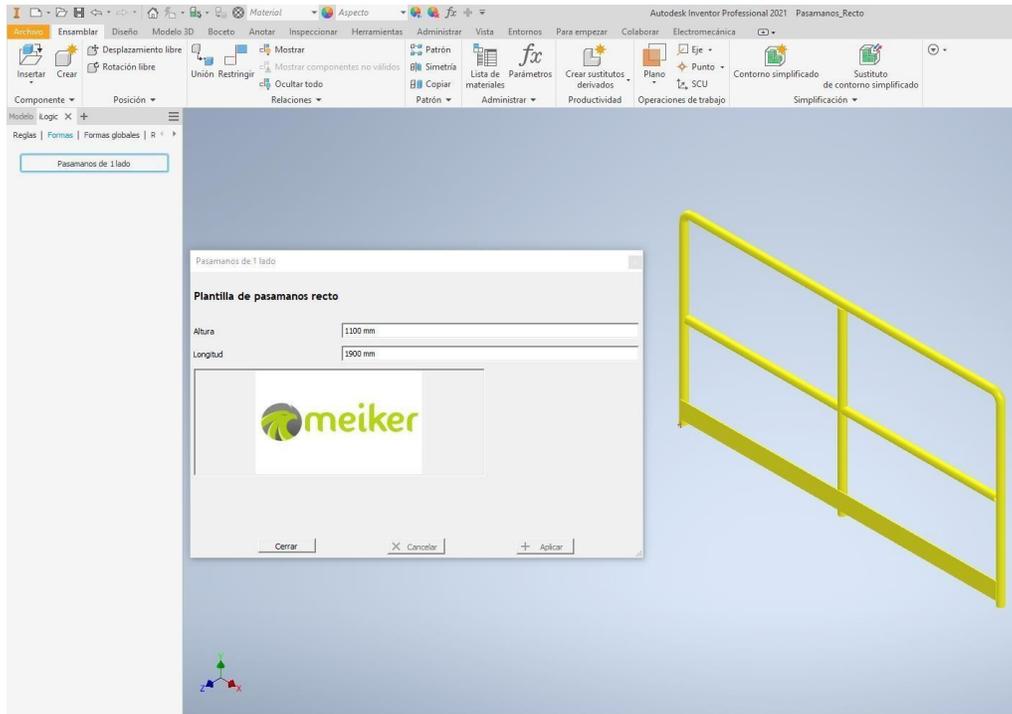


Figura 12, Plantilla para pasamanos Recto.

5.2 Plantilla para pasamanos en “L”.

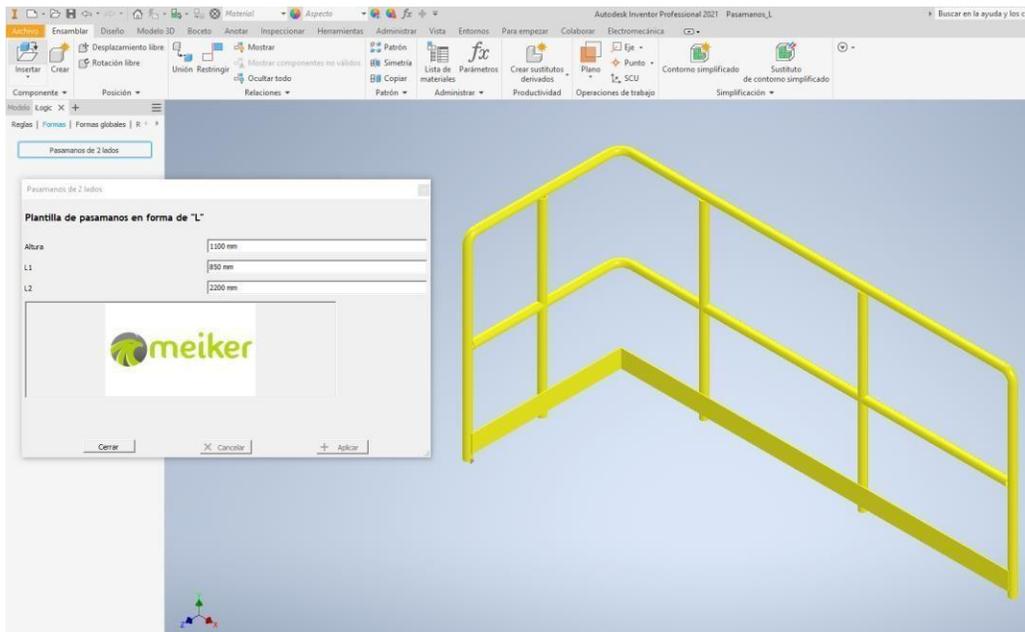


Figura 13, Plantilla para pasamanos en L.

5.3 Plantilla para pasamanos en “U”.

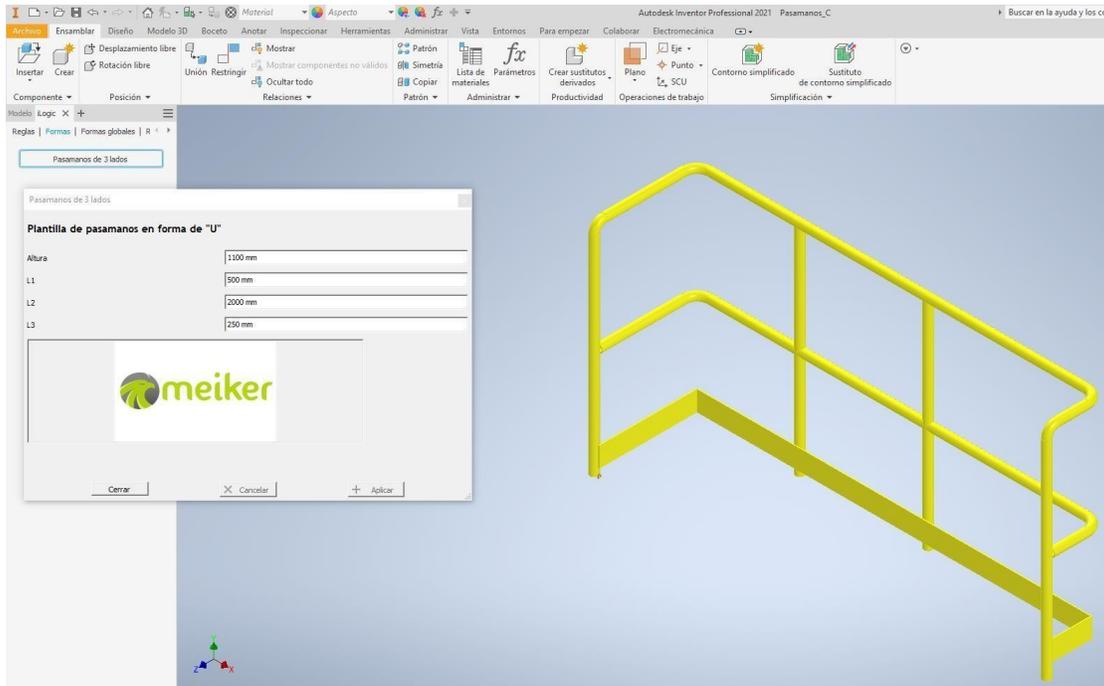


Figura 14, Plantilla para pasamanos en U.

5.4 Plantilla para plataforma rectangular.

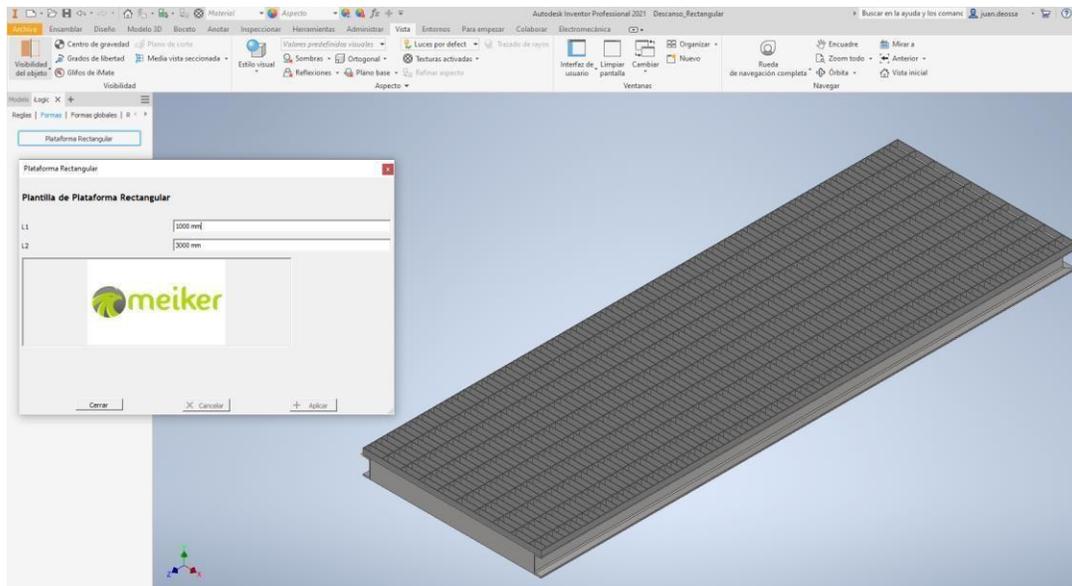


Figura 15, Plantilla para plataforma rectangular.

5.5 Plantilla para escalera.

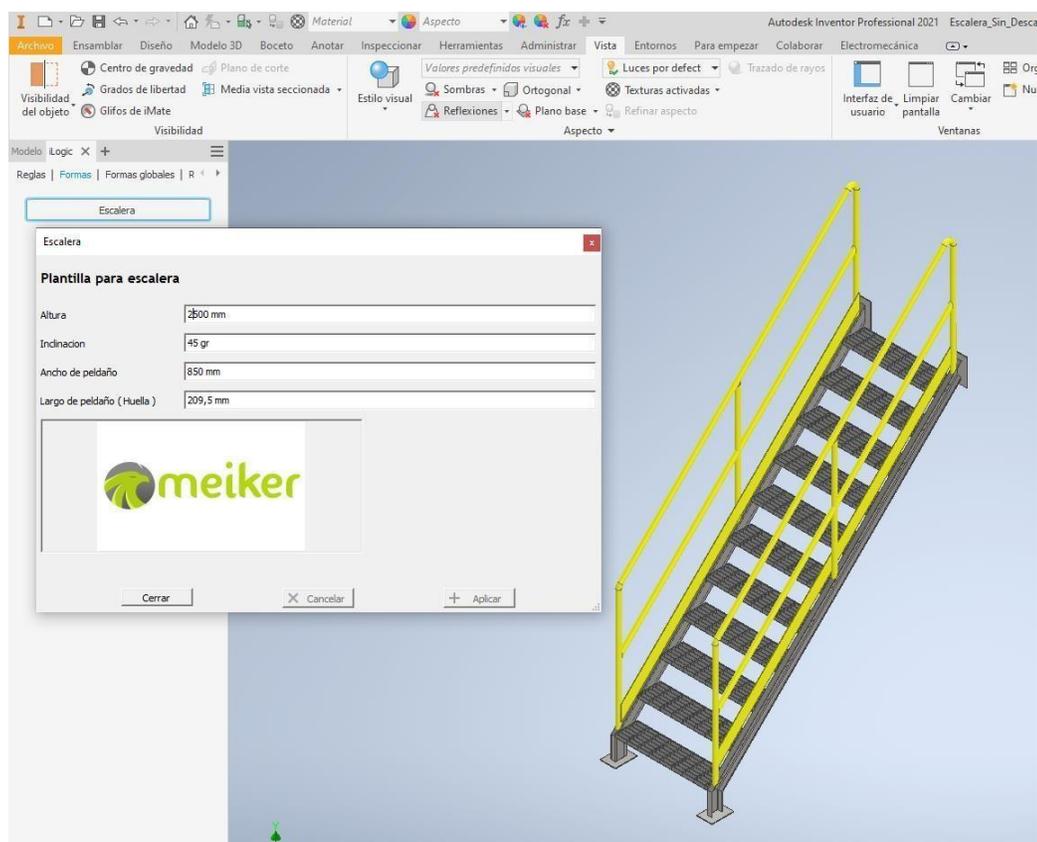


Figura 16, Plantilla para escalera.

5.6 Combinación y ejemplo de ensamble modular.

A continuación, se evidencia como, mediante la rápida generación y posterior ensamble de plataformas y pasamanos modulares, se puede lograr un diseño complejo y a detalle en poco tiempo. En este caso en específico se logra la disminución de tiempo de diseño y modelación del ensamble completo, pasando de 9 horas a solo 1.5 horas con el correcto uso de las plantillas automatizadas y el diseño modular.

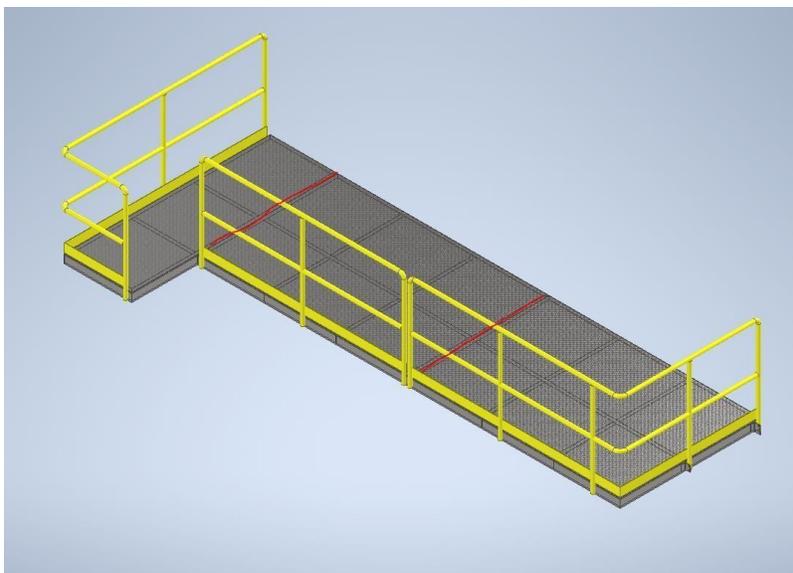


Figura 17, Plataforma para torres de enfriamiento (Modelo).



Figura 18, Plataforma para torres de enfriamiento (Real).

Las anteriores imágenes muestran el ensamble total de una plataforma de acceso a las torres de enfriamiento de un proceso de inyección de plástico para un cliente en el sur del valle de Aburrá. Se evidencia el uso de 3 plantillas de plataformas rectas, 2 plantillas de pasamanos tipo “L” y una de pasamanos tipo recto.



Figura 19, Plataformas y escaleras para acceso a ciclones (Modelo).

En la anterior imagen se observa un plano de montaje de un conjunto de escaleras y plataformas diseñadas para el acceso a unos ciclones de polvo en una empresa ubicada en el norte del valle de aburra. A continuación, se muestra algunas de las fabricaciones listas para traslado.



Figura 20, Plataformas y escaleras para acceso a ciclones (Real).

6. Conclusiones

- Se implementa el concepto de diseño Top-Down para llevarlo a la práctica.
- Se crean plantillas para automatizar y estandarizar la modelación CAD de 3 tipos de pasamanos distintos, un tipo de plataforma rectangular modular y un tipo de escalera de acceso.
- Se logra disminuir el tiempo de diseño en fabricaciones comunes para la empresa.
- Se logra iniciar un proceso de estandarización en el diseño de la empresa.
- Se logra dar valor agregado tanto al departamento de diseño, como a la empresa misma.

7. Referencias

- [1] NA. cad-software-history. (2006)
- [2] N. Cross, limusa Wiley .Metodos de Diseño (1999)
- [3] <https://blog.structuralia.com/5-software-utilizados-para-el-diseno-y-calculo-de-estructuras-en-edificacion-y-obra-civil>
- [4] <https://acaddemia.com/wp-content/uploads/2018/02/iLogic..pdf>
- [5] Carro.Roberto, González Gómez. Daniel A. (2012). Diseño y selección de procesos.
- [6] Krzysztof DROBNY, Mariusz HETMAŃCZYK (2012). Application of the ilogic technology, implemented in the inventor software, to the realization of a parameterized model of a cylindrical gear – rules development