

MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE ESCALERA HELICOIDAL

Jhonatan R. Nina García ^{1a}

RESUMEN

Objetivo. Emplear el software dedicado de modelado CAD (diseño asistido por ordenador), para la realización física de los planos de un proyecto o prototipo, en la mejora de la productividad de las empresas. **Materiales y métodos.** Investigación aplicada. Para el método de fabricación se utiliza el diseño asistido por ordenador (CAD), utilizando el software Autodesk Inventor 2013. **Resultados.** Se obtuvieron las dimensiones de la escalera helicoidal. **Conclusión.** Al ser el diseño previo, podemos ver los posibles errores que pueden presentarse en campo, sobre todo en los costos de fabricación. Al aplicar el diseño asistido por ordenador (CAD), podemos ver los posibles errores que se presentan en campo y que influyen considerablemente en los costos de fabricación.

Palabras clave: Superficie helicoidal; Escaleras; Representaciones CAD.

METHOD FOR MANUFACTURING HELICAL LADDER

ABSTRACT

The **objective** is to use the dedicated CAD modeling software (Computer Aided Design), using its computer tools that aim to help the technician in the physical realization of the plans of a project or prototype, in improving the productivity of companies. **Materials and methods** Applied research. Computer aided design (CAD) is used for the manufacturing method, using Autodesk Inventor Software 2013. The **Results**, we obtain the dimensions of the helical staircase. **Conclusion**, Being the previous design, we can see the possible design errors that may occur in the field, especially in manufacturing costs.

Keywords: Helical surface; Stairs; CAD representations.

^{1a} Empresa VOLKOV – Área Técnica

^a Ingeniero de mecánica eléctrica.

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el método para representar una superficie helicoidal, con una aplicación práctica para construir una escalera helicoidal.

Desde la antigüedad las superficies helicoidales son muy comunes en aplicaciones técnicas. Una aplicación importante, es la bomba de agua de tornillo de Arquímedes, utilizada para el transporte de agua (278-212 a. C.). El tornillo (Figura 1), consiste en un tubo cilíndrico que tiene una hélice coaxial en su interior. Cuando el extremo del cilindro se coloca en un tanque de agua y se gira la hélice, el agua es empujada al nivel más alto ⁽¹⁾.

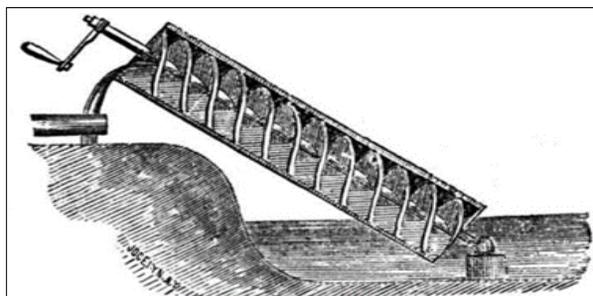


Figura 1. El tornillo de Arquímedes ⁽¹⁾.

El uso más popular de la superficie helicoidal en la arquitectura es la escalera. La mayor parte de la escalera de caracol tiene un polo central que ofrece una gran resistencia. Según el plano y la catenoide, el helicoide es la tercera superficie mínima, descubierta por Jean Baptiste Meusnier en 1776.

Las aplicaciones de la superficie helicoidal son la escalera de caracol y el tobogán helicoidal. La impresionante escalera de caracol arquitectónica está diseñada por Giuseppe Momo en 1932 y se encuentra en los museos del Vaticano.



Figura 2. La escalera de caracol en los museos del Vaticano ⁽²⁾.

Las escaleras se componen de dos hélices separadas, una para subir y la otra para bajar. Las hélices separadas se retuercen juntas en una formación de doble hélice ⁽²⁾. En la Figura 2 se puede observar la forma de esta escalera.

Otro ejemplo es el tanque de agua del sistema de lucha contra incendios (de 7,0m de diámetro por 9,0m de largo) de posición vertical (Figura 3), en la que se puede observar la forma helicoidal.



Figura 3. Tanque de agua.

Entre los grandes edificios del mundo con una forma retorcida se pueden mencionar al Torso Tower, Malmo, Suecia; Infinity Tower, Dubai, y Revolution Tower, Panamá

MATERIALES Y MÉTODOS

Hélice cilíndrica

Para dibujar las proyecciones de la vista frontal y superior de la línea helicoidal descritas por el punto M (m, m') en la superficie de rotación cilíndrica, la longitud del paso p y la superficie del cilindro se dividen en ocho partes iguales.

Sabiendo que, para la rotación del generador con una división, el punto se mueve a lo largo de los generadores y también una división, se determinan las posiciones sucesivas del punto M. Las proyecciones de la línea helicoidal se obtienen uniendo los puntos. La proyección de la vista frontal de la línea de hélice tiene la forma de ondas sinusoidales y la vista superior se superpone con la proyección del cilindro.

Al desarrollar la superficie cilíndrica, la línea helicoidal se transforma en una línea derecha, porque el desplazamiento del punto M es constante.

La construcción gráfica de la hélice se resuelve dividiendo el círculo base en doce partes. En la Figura 4 se observa la representación gráfica de la hélice torcida en la mano derecha ⁽⁴⁾.

El paso de hélice está determinado por el arco de hélice entre dos puntos de intersección consecutivos con el mismo generador. La hélice se determina cuando se dan los parámetros del cilindro, el origen, el paso, la dirección torcida o el ángulo de hélice.

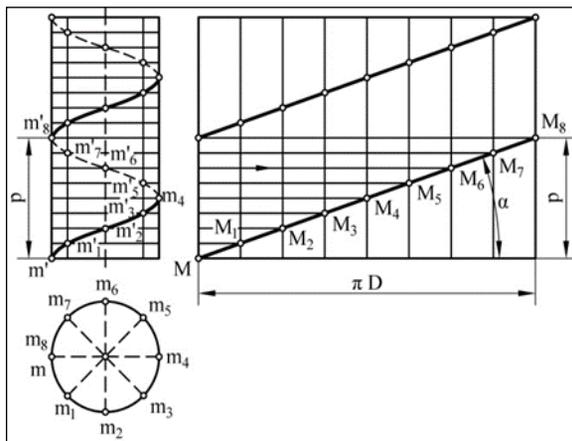


Figura 4. Representación y desarrollo de líneas helicoidales ⁽²⁾.

La superficie helicoidal generada por la línea recta es una superficie reglada, que está determinada por el eje helicoidal, el parámetro de movimiento helicoidal y la posición de la línea generadora.

Dependiendo del ángulo entre la línea de generación y el eje helicoidal, la superficie se puede llamar derecha u oblicua.

En el caso del helicoide derecho, el ángulo de la hélice es igual a 90° , y si el ángulo es diferente el helicoide es oblicuo. Por lo general, toda la escalera tiene un núcleo central, que refuerza la escalera. En la Figura 5, el núcleo central está representado por la superficie cilíndrica con diámetro (d).

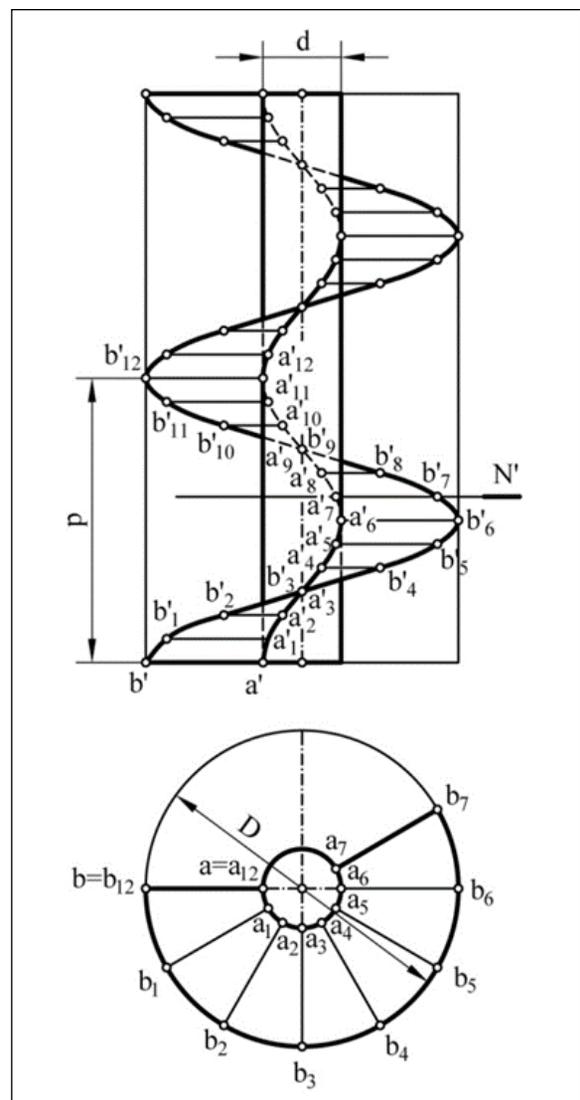


Figura 5. Representación de la superficie helicoidal derecha ⁽³⁾.

La superficie helicoidal se genera por la traza de los extremos del segmento AB. La sección plana de la superficie helicoidal está dada por los puntos A7B7 (a7, b7, a'7, b'7) (Figura 5).

Datos de escalera helicoidal

Se comienza con la obtención de datos del lugar a montar la escalera helicoidal, que son obtenidos por topografía (Figura 6).



Figura 6. Ubicación de escalera helicoidal

Tabla 1. Datos topográficos

Descripción	Longitud horizontal (mm)	Altura (mm)	Diámetro(m)	Radio(mm)	Altura de escalera helicoidal(mm)
Arco mayor	10852	1624	19752.988	9876.494	4187
Arco menor	8524	1252	15760.502	7880.251	

Tabla 2. Datos primer tramo

Descripción	Diámetro(mm)	Radio(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos (mm)	Altura(mm)
Arco mayor	19752.988	9876.494	26.726	2000	1874.054
Arco menor	15760.502	7880.251			

Tabla 3. Datos segundo tramo (descanso)

Descripción	Diámetro(mm)	Radio(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos (mm)	Altura(mm)
Arco mayor	19752.988	9876.494	6.487	2000	----
Arco menor	15760.502	7880.251			

Tabla 4. Datos tercer tramo

Descripción	Diámetro(mm)	Radio(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos (mm)	Altura(mm)
Arco mayor	19752.988	9876.494	21.603	2000	2087
Arco menor	15760.502	7880.251			

Tabla 5. Datos cuarto tramo (descanso)

Descripción	Diámetro(mm)	Radio(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos (mm)	Altura(mm)
Arco mayor	19752.988	9876.494	13.25/13.22	2000	----
Arco menor	15760.502	7880.251	12.57/12.53		

Dimensiones del perfil estructural a desarrollar

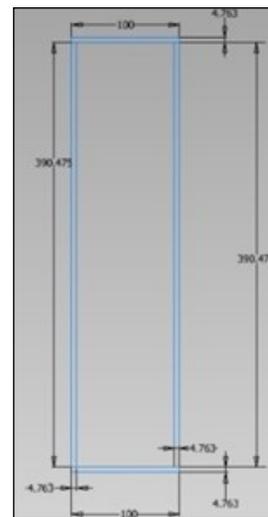


Figura 7. Perfil de tubo cuadrado estructural.

Tabla 6. Datos perfil cuadrado

Descripción	Alto(mm)	Ancho (mm)	espesor (mm)	material
Perfil cuadrado	400	100	4.763(3/16")	ASTM A36

Para el método de fabricación se utiliza el diseño asistido por ordenador (CAD), utilizando el software Autodesk Inventor 2013.

Arco mayor

Comenzamos con el primer tramo del arco mayor, utilizando las herramientas como: 3D Skecht y Helical curve (5 y 6).

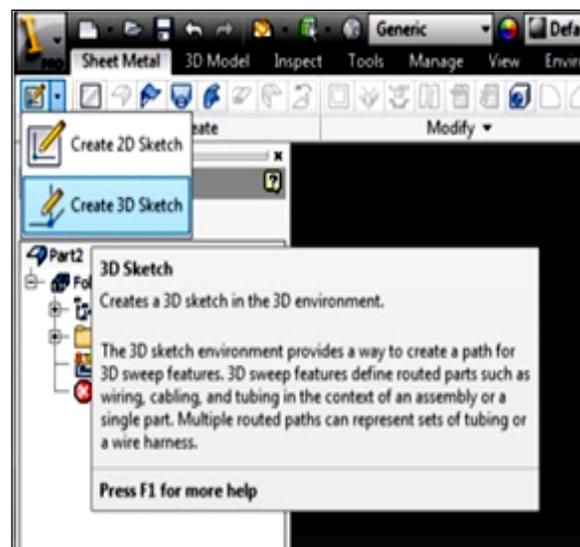


Figura 8. Creación 3D Skecht

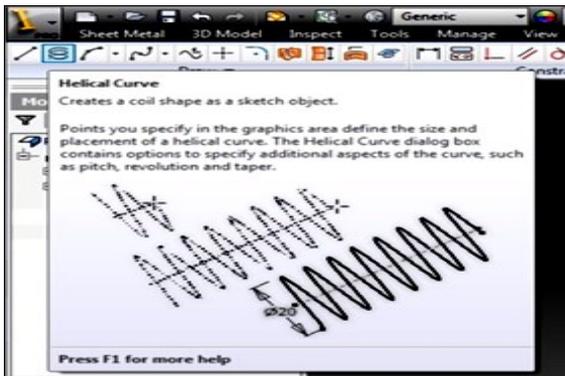


Figura 9. Helical curve.

Es necesario crear la pieza en Sheet Metal, para poder extender la plancha con Flat Pattern.

Segundo tramo, creamos la pieza en Sheet Metal y 2D Sketch.

Tercer tramo del arco mayor, utilizando las herramientas como el 3D Skecht y Helical curve.

Cuarto tramo, creamos la pieza en Sheet Metal y 2D Sketch.

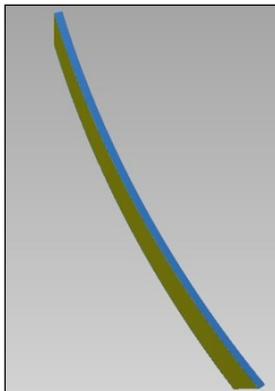


Figura 10. Resultado primer tramo ^(5 y 6).

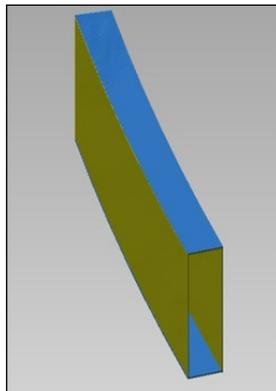


Figura 11. Resultado segundo tramo (descanso) ^(5, 6).

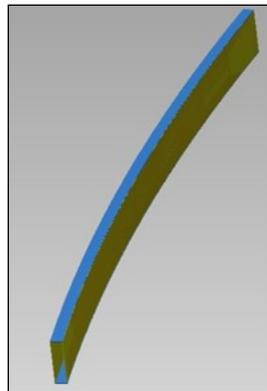


Figura 12. Resultado tercer tramo ^(5, 6).

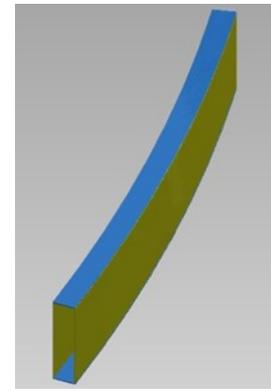


Figura 13. Resultado cuarto tramo ⁽⁵⁻¹⁰⁾.

Luego de terminar las piezas del arco mayor, creamos un ensamble general para unir todas las piezas.

Arco menor

Primer tramo del arco mayor, utilizando las herramientas como: 3D Skecht y Helical curve.

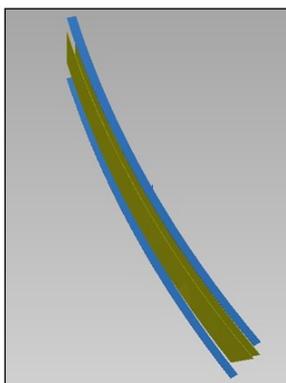


Figura 14. Resultado primer tramo.

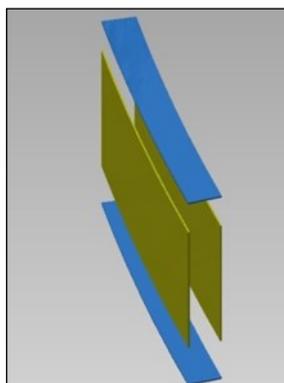


Figura 15. Resultado segundo tramo (5-10).

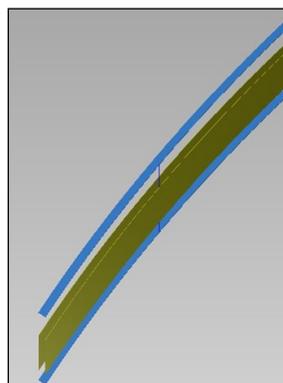


Figura 16. Resultado tercer tramo (5-10).

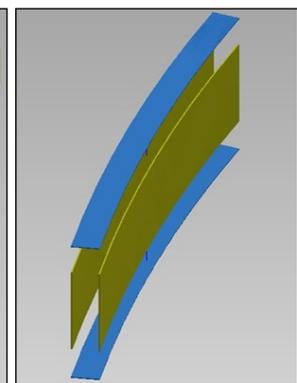


Figura 17. Resultado cuarto tramo (5 y 6).

Peldaños escalera helicoidal

El diseño de los peldaños para escalera helicoidal es un proceso difícil, puesto que los arcos son diferentes y ambos arcos no parten de un mismo eje; para solucionar este inconveniente se emplea una herramienta llamada Make Layout, que nos aparece en archivo ensamble de extensión .iam, lo que nos permite hacer proyecciones de las piezas que conforman el ensamble.

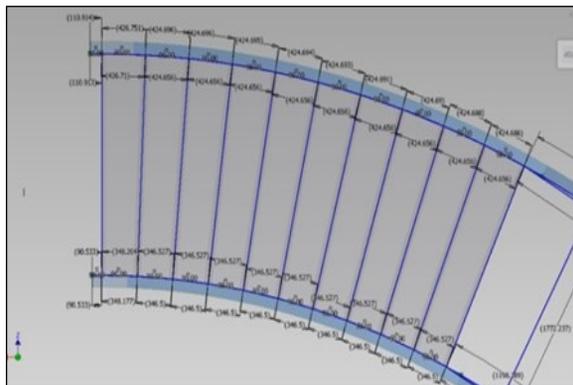


Figura 18. Distribución de peldaños para primer tramo (5, 6).

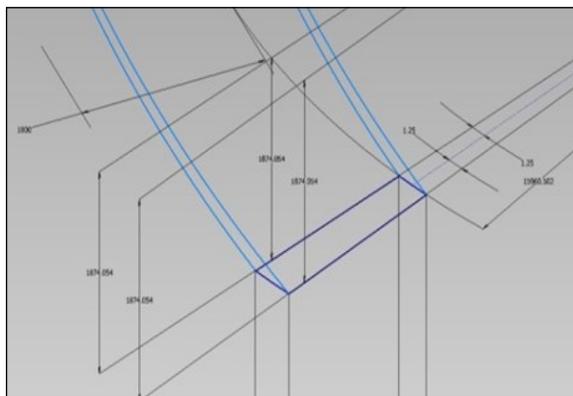


Figura 19. Dimensión de peldaño para primer tramo (5-10)

Tabla 7. Datos de peldaño primer tramo

Descripción	Diámetro(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos interior (mm)
Arco menor	15960.502	2.5	1800

Para la distribución de los peldaños en el trayecto del primer tramo, utilizamos la herramienta iCopy, podemos observar el resultado en la Figura 20.

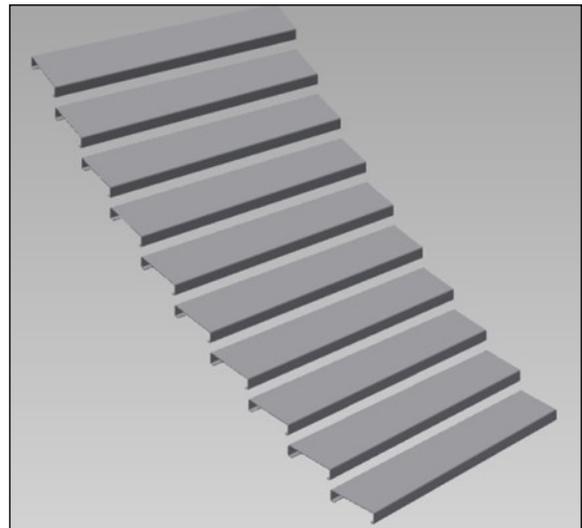


Figura 20. Resultado de primer tramo (5, 6).

Los peldaños para el segundo tramo lo creamos en Assemble, Create Component, Sheet Metal (mm), 2D Sketch, Face y Flange.

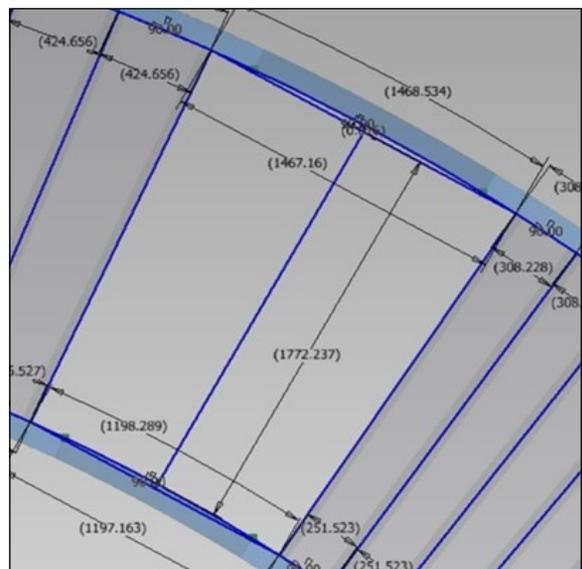


Figura 21. Dimensión de peldaño para segundo tramo (5, 6).

Tabla 8. Datos de peldaño (descanso) segundo tramo.

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Distancia entre arcos l(mm)
Arco mayor	1467.16	27.496	1772.237
Arco menor	1197.163	22.481	

Para el tercer tramo utilizamos la herramienta iCopy y obtenemos el resultado visto en la Figura 20.

Tabla 9. Datos de peldaño tercer tramo

Descripción	Diámetro(mm)	Angulo (deg.)	Separación entre Arcos interior (mm)
Arco menor	15960.502	1.82	1800

Los peldaños para el cuarto tramo lo creamos en *Assemble, Create Component, Sheet Metal (mm), 2D Sketch, Face y Flange*.

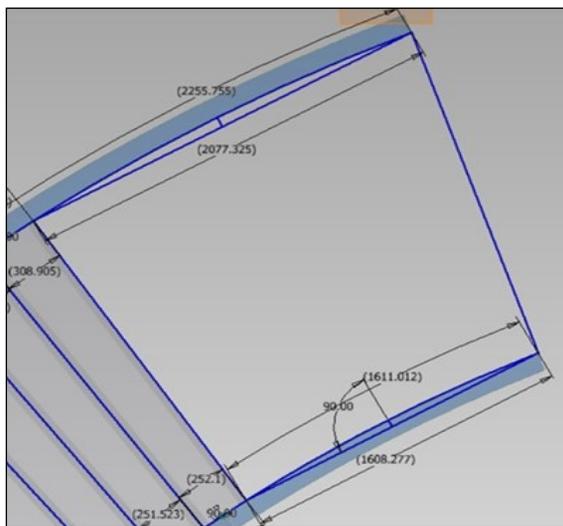


Figura 22. Dimensión de peldaño para cuarto tramo (5, 6)

Tabla 10. Datos de peldaño cuarto tramo (descanso)

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Distancia entre arcos l(mm)	Desfase de ejes (mm)
Arco mayor	2077.325	55.331	1742.997	53.277
Arco menor	1608.227	40.618		

RESULTADOS

Una vez obtenidas todas las partes como el arco mayor, el arco menor y peldaños, creamos un ensamble con extensión .iam, para obtener el siguiente resultado.

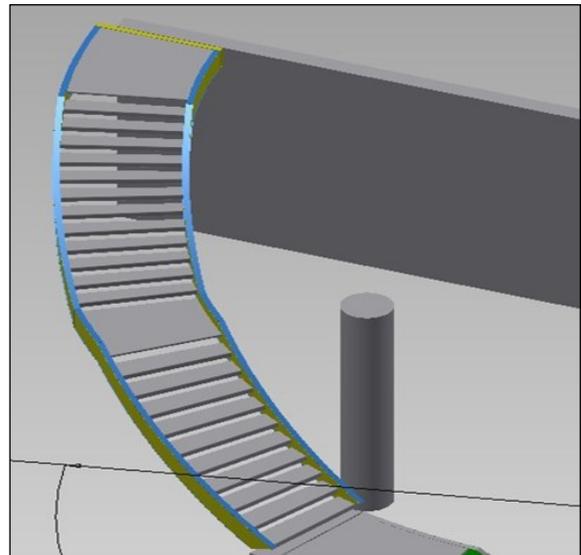


Figura 23. Escalera helicoidal (5, 6)



Figura 24. Escalera helicoidal fabricado e instalado.

Al tener el ensamble obtenemos las alturas de los arcos para ubicar la posición.

Alturas para arco mayor

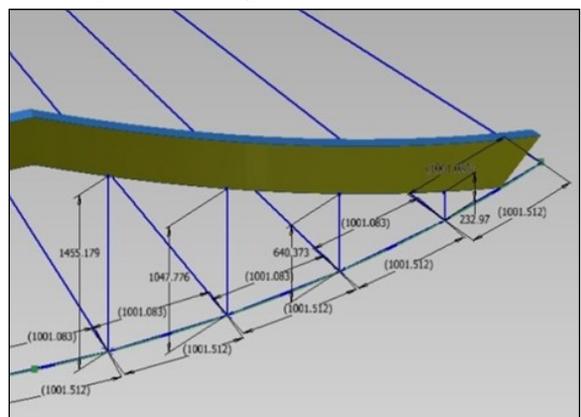


Figura 25. Alturas primer tramo (5, 6)

Tabla 11. Datos de altura primer tramo

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h1	1001.083	232.97	5.81
h2	1001.083	640.373	5.81
h3	1001.083	1047.776	5.81
h4	1001.083	1455.179	5.81

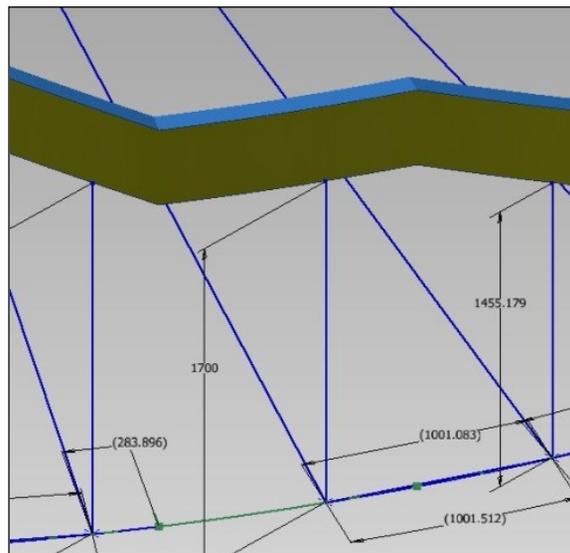


Figura 26. Alturas segundo tramo ^(5,6).

Tabla 12. Datos de altura segundo tramo

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h5	1001.083	1700	5.81

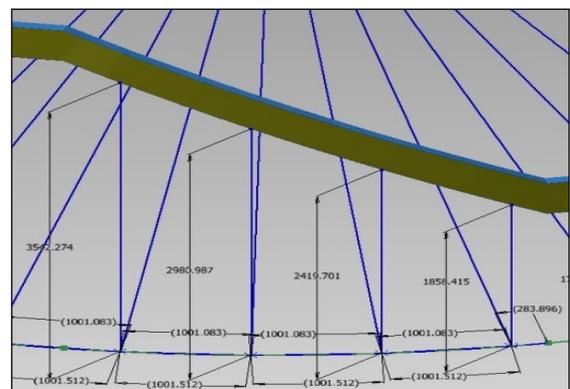


Figura 27. Alturas tercer tramo ^(5,6).

Tabla 13. Datos de altura tercer tramo

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h6	1001.083	1858.415	5.81
h7	1001.083	2419.701	5.81
h8	1001.083	2980.987	5.81
h9	1001.083	3542.274	5.81

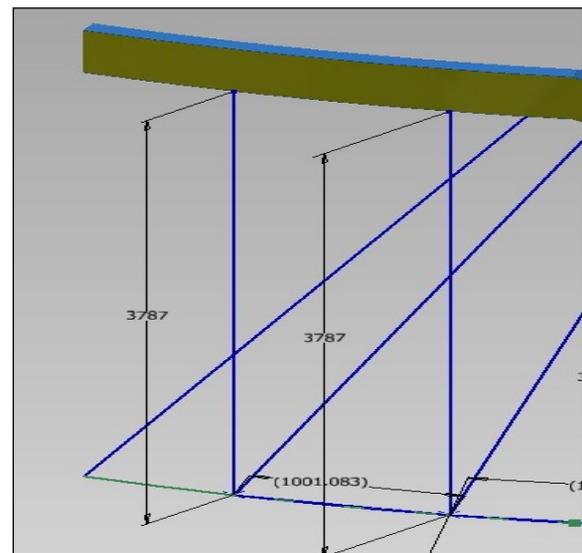


Figura 28. Alturas cuarto tramo ^(5,6).

Tabla 14. Datos de altura cuarto tramo

Descripción	Longitud horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h10	1001.083	3787	5.81
h11	1001.083	3787	5.81

Alturas para arco menor

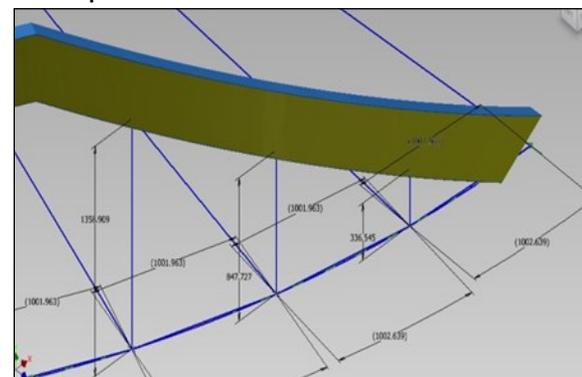


Figura 29. Alturas primer tramo ^(5,6).

Tabla 15. Datos de altura primer tramo

Descripción	Longitud. horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h1	1001.963	336.545	7.29
h2	1001.963	847.727	7.29
h3	1001.963	1358.909	7.29

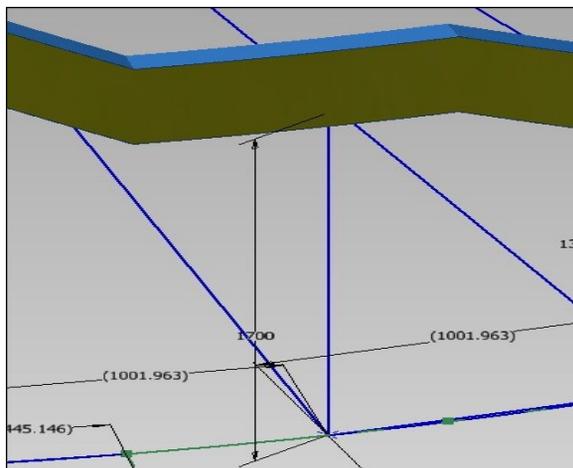


Figura 30. Alturas segundo tramo ^(5,6).

Tabla 16. Datos de altura segundo tramo

Descripción	Longitud. horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h4	1001.963	1700	7.29

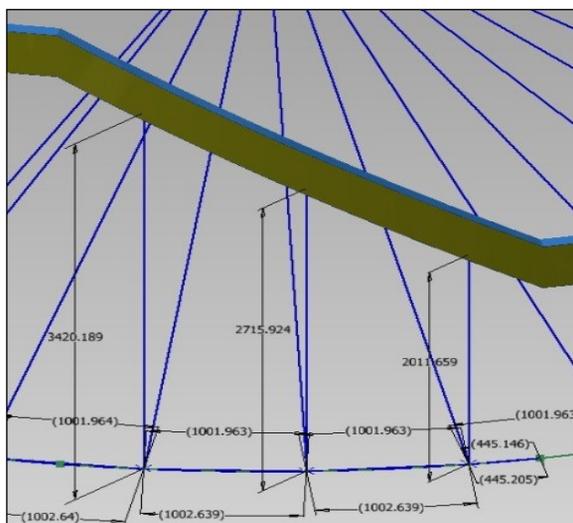


Figura 31. Alturas tercer tramo ^(5,6).

Tabla 17. Datos de altura tercer tramo

Descripción	Longitud. horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h5	1001.963	2011.659	7.29
h6	1001.963	2715.924	7.29
h7	1001.963	3420.189	7.29

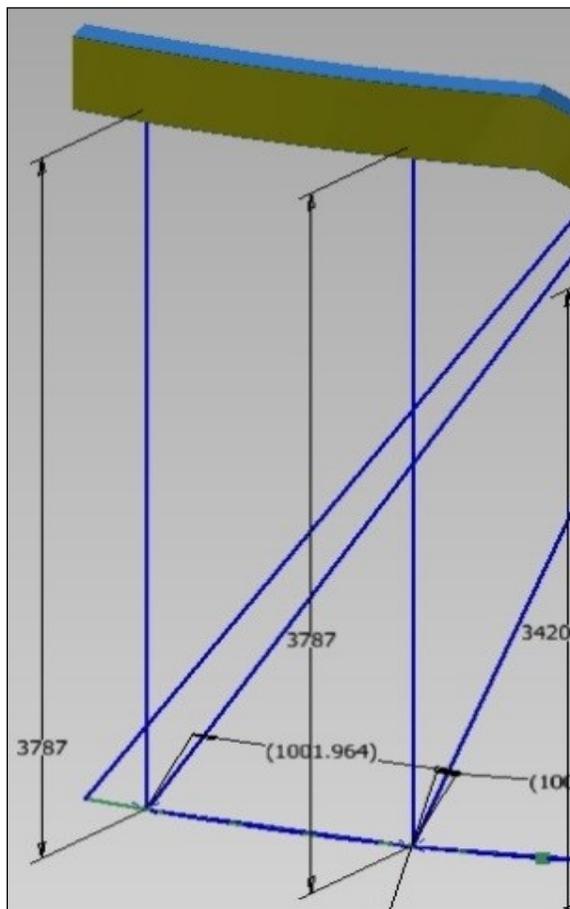


Figura 32. Alturas cuarto tramo ^(5,6).

Tabla 18. Datos de altura cuarto tramo

Descripción	Longitud. horizontal(mm)	Altura(mm)	Angulo equivalente a Long. Horizontal (deg.)
h8	1001.964	3787	7.29
h9	1001.964	3787	7.29

DISCUSIÓN

Con respecto a la obtención de datos, no se debe de confiar en los diseños aprobados para construcción del edificio, comúnmente se realizan variaciones en campo, que nos derivan a errores de diseño.

Siempre comparar los datos obtenidos topográficamente; en este caso, con los arcos de la escalera helicoidal (Tabla 19).

Tabla 19. Comparación de datos

Descripción	Datos de diseño modificado (mm)		Datos de planos de construcción		Variaciones (mm)	
	Longitud horizontal (mm)	Altura (mm)	Longitud horizontal (mm)	Altura (mm)	Longitud horizontal (mm)	Altura (mm)
Arco mayor	11139	1720	11287	1832	148	112
Arco menor	8823	1351	9018	1456	195	105

En la Tabla 19 se observa que en el arco mayor la longitud horizontal es de 148 mm y altura 112 mm, de diferencia son medidas considerables.

Al comparar los centros de origen de los arcos como el arco mayor y arco menor, vemos que no son concéntricos, es decir, no parten de un mismo origen, entonces por el método de geometría des-

criptiva sería difícil su desarrollo, demandaría tiempo. Si lo manejamos en producción de una empresa el tiempo es dinero. Este tema es un estudio pendiente para desarrollarlo por geometría descriptiva.

CONCLUSIONES

Al tener un diseño previo es posible observar los posibles errores en el diseño que pueden presentarse en campo, sobre todo en aquellos que afectan los costos de fabricación.

Al tener el modelado podemos sacar muchas ventajas para la fabricación, también en la mejora de la escalera.

También se pretende demostrar que herramientas novedosas tales como Autodesk inventor, Solid Works o incluso juegos de simulación, mejoran el interés, el rendimiento, la imaginación y la motivación por aprender a diseñar

Conflictos de interés

Declaramos que no existen conflictos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rorres, C. The turn of the screw: optimal design of an Archimedes screw. *Journal of hydraulic engineering*. 2000; 126: 72-80.
- Enache, I., Ivanceanu, T., Buzila, V. *Descriptive geometry and technical drawing - Syntheses and applications (Geometrie descriptivă și desen tehnic-Sinteze și aplicații)*. Bucharest: Didactic and pedagogic; 1982.
- Bodea, M., Scurtu, L. *Descriptive geometry and technical drawing (Geometrie descriptivă și desen tehnic)*. Illustrated. Cluj-Napoca: Risoprint; 2016.
- Orban, M. *Descriptive geometry -Syntheses and applications (Geometrie descriptivă-Sinteze și aplicații)*. Cluj-Napoca: U.T. Press Publisher; 2004.
- Randy H. Shih. *Learning Autodesk Inventor 2013*. illustrated. Kansas,USA: SDC Publications;2012.
- Daniel T. Banach, Travis Jones, Alan J. Kalameja. *Autodesk Inventor 2009 Essentials Plus*. illustrated. USA: Cengage Learning; 2008.