

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA DISPOSITIVOS DE CUBRIMIENTO Y DE CIERRE BAJO NORMA NTE INEN-EN 124-1, 2019**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.**

**LOACHAMIN QUINGA EDWIN VÍCTOR**

**[edwin.loachamin@epn.edu.ec](mailto:edwin.loachamin@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: ING. PATRICIA ARACELLY RODRÍGUEZ SALAZAR PhD.**

**[patricia.rodriguez@epn.edu.ec](mailto:patricia.rodriguez@epn.edu.ec)**

**DMQ, Diciembre 2021**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, Edwin Víctor Loachamín Quinga declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**EDWIN VÍCTOR LOACHAMÍN QUINGA**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por EDWIN VÍCTOR LOACHAMÍN QUINGA, bajo mi supervisión.

---

**ING. PATRICIA ARACELLY RODRÍGUEZ SALAZAR PhD.**  
**DIRECTORA**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

EDWIN VÍCTOR LOACHAMÍN QUINGA

ING. PATRICIA ARACELLY RODRÍGUEZ SALAZAR PhD.

## **DEDICATORIA**

Al Señor mi Dios, Padre Santísimo, Creador de todas las cosas, quien está siempre conmigo y guía mis caminos, me ha dado a mis Padres para educarme, a mis Hermanos para apoyarme y animarme en todos los momentos, a mi Sobrino para llenarme de Alegría, y a mis Amigos para acompañarme.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Señor mi Dios, que siempre me ha dado fuerza y valor, no ha permitido que desmaye, porque ha estado conmigo.

A mi Papá Víctor que me ha instruido para poder desenvolverme en el trabajo y en la vida, a mi Mamá Yolanda que me ha dirigido por el buen camino, a mi Hermano Giovanni que me ha acompañado y guiado durante toda mi vida, a mi Hermana Margarita que me ha enseñado con su ejemplo a siempre luchar y a esforzarme, a mi Hermana Katherine que me ha mostrado a través de su creatividad y cariño como hacer nuevas cosas, a mi Hermano Ronald que me ha llenado de felicidad y me ha enseñado a ser responsable, a mi Sobrino Daniel que con su ternura y bondad me ha animado siempre, a mi Hermana Milena que me ha apoyado en momentos difíciles.

A la Ing. Patricia Rodríguez que fue paciente y mostro su compromiso y profesionalismo en la dirección del presente trabajo.

Al Ing. Fernando Chávez que participo de forma activa durante todo el desarrollo de este proyecto, al Ing. Diego Chávez que permito que este trabajo se llevara a cabo, a todos los Trabajadores de la Empresa FUNDIRECICLAR S.A. que aportaron con su experiencia y conocimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
1 introducción .....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	3
2 METODOLOGÍA.....	24
2.1 Descripción .....	24
2.2 Materiales y equipos .....	24
2.3 Caracterización de los dispositivos comercializados en la actualidad .....	28
2.4 Diseño del Nuevo Dispositivo.....	30
2.5 Análisis por elementos finitos .....	32
2.6 Ensayos según norma NTE INEN-EN 124-1, 2019 .....	41
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
3.1 Resultados .....	43
3.2 Conclusiones .....	49
3.3 Recomendaciones .....	50
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
5 ANEXOS .....	52
ANEXO I Matriz de Riesgos y Oportunidades Diseño y Desarrollo .....	53
ANEXO II Prototipos a Escala Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.....	54
ANEXO III Modelos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.....	57
ANEXO IV Prototipos Fundidos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A. ....	60

ANEXO V Informe Técnico de Auditoría a la Calidad del Producto, Tapas para uso en pozos y redes subterráneas, emitido por la Dirección de Validación y Certificación del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. ....	63
ANEXO VI Informe de resultados del Laboratorio de Ensayo del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, Conjunto Tapa D600 B250. ....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ejemplos para la determinación de la profundidad de encastramiento. (Normalización, 2019) .....	7
<b>Figura 2</b> Ejemplos para la determinación de la holgura total. (Normalización, 2019).....	7
<b>Figura 3</b> Ejemplos de cota de paso. (Normalización, 2019) .....	8
<b>Figura 4</b> Ejemplos de abertura libre. (Normalización, 2019) .....	8
<b>Figura 5</b> Sección transversal típica de calzada de carretera mostrando la colocación de los grupos. (Normalización, 2019) .....	11
<b>Figura 6</b> Detalle típico de un arcén estabilizado mostrando la colocación de los grupos. (Normalización, 2019) .....	11
<b>Figura 7</b> Medidor. (Normalización, 2019).....	13
<b>Figura 8</b> Orientación de las ranuras en las rejillas. (Normalización, 2019).....	15
<b>Figura 9</b> Ejemplo para la determinación del patrón resaltado. ....	19
<b>Figura 10</b> Diagrama de Flujo de Diseño y Desarrollo. (Fuente: Propia) .....	30
<b>Figura 11</b> Modelo 3D Conjunto Tapa D600 C250, a) Tapa, b) Cerco, c) Conjunto. ....	33
<b>Figura 12</b> Curva Esfuerzo vs Deformación Hierro Dúctil 80-55-06 FUNDIRECICLAR. ....	34
<b>Figura 13</b> Condiciones de borde Conjunto Tapa D600 C250, a) Restricciones, b) Carga. ....	36
<b>Figura 14</b> Análisis estático lineal Conjunto Tapa D600 C250. ....	37
<b>Figura 15</b> Análisis estático no-lineal, material Elasto-Plastic (Bi-Linear) Conjunto Tapa D600 C250.....	38
<b>Figura 16</b> Análisis estático no-lineal, material Plastic Conjunto Tapa D600 C250. ....	38
<b>Figura 17</b> Esfuerzo localizado en el punto crítico del conjunto D600 C250.....	40
<b>Figura 18</b> Esfuerzo localizado en el punto crítico del conjunto a 250 kN D600 C250. (Fuente: Propia).....	40
<b>Figura 19</b> Peso vs Flecha Residual (Fuente: Propia).....	46

<b>Figura 20</b> Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2020. (Fuente: Propia)	
.....	47
<b>Figura 21</b> Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2021. (Fuente: Propia)	
.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Área mínima de orificios de ventilación. (Normalización, 2019) .....	11
<b>Tabla 2</b> Medidas de los orificios de ventilación. (Normalización, 2019).....	12
<b>Tabla 3</b> Medidas de las ranuras. (Normalización, 2019) .....	13
<b>Tabla 4</b> Carga de Ensayo. (Normalización, 2019).....	17
<b>Tabla 5</b> Flecha residual admisible. (Normalización, 2019) .....	18
<b>Tabla 6</b> Materiales de Carga del Horno Hierro Dúctil. (Fuente: Propia) .....	24
<b>Tabla 7</b> Equipos utilizados para la fabricación y verificación de tapas y rejillas....	25
<b>Tabla 8</b> Caracterización de los Dispositivos Comercializados por FUNDIRECICLAR S.A. (Fuente: Propia).....	29
<b>Tabla 9</b> Requisitos esenciales – Elementos de Entrada de Diseño y Desarrollo..	31
<b>Tabla 10</b> Propiedades del Hierro Dúctil 80-55-06. (Fuente: Propia) .....	34
<b>Tabla 11</b> Análisis de independencia de malla. (Fuente: Propia).....	35
<b>Tabla 12</b> Resultados Análisis por Elementos Finitos Conjunto Tapa D600 C250.	39
<b>Tabla 13</b> Evaluación de Requisitos Conjunto Tapa D600 C250. (Fuente: Propia)	43
<b>Tabla 14</b> Caracterización de Dispositivos Nuevos FUNDIRECICLAR S.A. ....	44
<b>Tabla 15</b> Comparación Dispositivos Anteriores y Nuevos (Fuente: Propia) .....	46
<b>Tabla 16</b> Productos más vendidos por FUNDIRECICLAR S.A. durante el año 2020. (Fuente: Propia) .....	46
<b>Tabla 17</b> Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2020. (Fuente: Propia) .....	47
<b>Tabla 18</b> Productos más vendidos por FUNDIRECICLAR S.A. durante el año 2021. (Fuente: Propia) .....	47
<b>Tabla 19</b> Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2021. (Fuente: Propia) .....	48

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar en forma paramétrica dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos bajo norma NTE INEN-EN 124-1, 2019 y analizarlos por el método de elementos finitos. Se realiza el estudio de tres parámetros físicos: masa, área y volumen de dispositivos comercializados por la empresa FUNDIRECICLAR S.A. en busca de optimizarlos y reducir sus costos de producción, para lo que se crean nuevas geometrías reduciendo estos parámetros y se procede a su estudio con el programa de pre y post-procesado de análisis por elementos finitos Autodesk Inventor Nastran, en el cual se definen las condiciones de frontera de acuerdo a los requerimientos de trabajo del elemento bajo análisis y a procedimientos de ensayos normalizados, obteniendo así valores de deformación y esfuerzo, para posteriormente fabricar los nuevos dispositivos, y verificar el cumplimiento de tolerancias dimensionales y pesos.

Por último se realiza la validación de los prototipos fabricados en el laboratorio de ensayos del servicio ecuatoriano de normalización, INEN y se comparan estos resultados (flecha residual, y comportamiento a carga total) con los obtenidos en el programa de simulación, verificando de esta manera los requisitos de diseño normativos, al evaluar los resultados obtenidos, por lo que se concluye que al modificar adecuadamente la geometría de los dispositivos el peso de los mismos puede ser reducido manteniendo sus propiedades mecánicas.

**PALABRAS CLAVE:** parámetros, dispositivos, flecha residual, carga de ensayo.

## **ABSTRACT**

The objective of the present work is to study parametrically, covering and closing devices for traffic areas used by pedestrians and vehicles under the NTE INEN-EN 124-1, 2019 standard and to analyze them by finite element method. The study of three physical parameters is carried out: mass, area and volume of commercial devices by the company FUNDIRECICLAR S.A. in order to optimize them and reduce their production costs, for which new geometries are designed by decreasing these parameters to study them with the pre and post-processing program for finite element analysis Autodesk Inventor Nastran, in which the boundary conditions are defined according to the work conditions of the element under analysis and standardized test procedures, thus obtaining strain and stress values, to later manufacture the new devices, and verify compliance with dimensional tolerances and weights.

Finally, the validation of the prototypes manufactured in the testing laboratory of the Ecuadorian standardization service, INEN, is carried out and these results are compared (residual deflection, and behavior at full load) with those obtained in the simulation program, in this way, the regulatory design requirements are verified when evaluating the obtained results, concluding that by adequately modifying the geometry of the devices, their weight can be reduce and their mechanical properties can be preserved.

**KEYWORDS:** parameters, devices, residual deflection, test load.

# 1 INTRODUCCIÓN

La reciente adopción de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1, 2019 que reemplaza a la norma NTE INEN 2496: 2009, muestra que los altos pesos referenciales de los productos fabricados por la empresa FUNDIRECICLAR S.A. frente a las especificaciones manejadas por su competencia, pone a la primera en desventaja competitiva lo que puede conducir a problemas financieros e incluso un posible cierre debido a mayores costos de fabricación que producen una baja utilidad.

Según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1, 2019 los dispositivos de cubrimiento y cierre son la parte superior de un sumidero o de un pozo de registro/arqueta de inspección respectivamente constituido por un marco y una tapa o rejilla.

En la actualidad, el uso de herramientas computacionales ha dado como resultado la reducción significativa de costos de diseño y desarrollo de productos, tal como lo han demostrado varios estudios realizados anteriormente en los cuales se han obtenido resultados similares a los obtenidos de manera experimental en ensayos de laboratorio; por lo que mediante el análisis por elementos finitos se lograría evaluar en forma paramétrica las principales variables que intervienen en el diseño estructural y la resistencia que presenta una determinada forma geométrica bajo cargas concentradas con costos significativamente reducidos.

El desarrollo de este trabajo se fundamenta en varios estudios realizados utilizando el método de análisis por elementos finitos, en los cuales se consigue validar los resultados obtenidos evaluando los parámetros más importantes en el diseño, se realizan estudios numéricos de elementos mecánicos sometidos a cargas concentradas a través de un modelo no lineal por elementos finitos tomando en cuenta el comportamiento no lineal del material, por lo que, para la realización del presente trabajo se ha seleccionado una metodología numérica combinada con una metodología experimental que permitirá que los productos de FUNDIRECICLAR S.A. cumplan con los métodos de ensayo de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1.

El presente trabajo servirá como referencia a la industria nacional de la fundición, de tal manera que los costos asociados a las partes fabricadas por fundición, y los errores que podrían ser el detonante de fallos catastróficos y potencialmente costosos podrán ser evitados con el uso de una herramienta computacional que simule previamente el comportamiento de ciertos elementos mecánicos.

## **1.1 Objetivo general**

Estudiar en forma paramétrica dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos bajo norma NTE INEN-EN 124-1, 2019 y analizarlos por el método de elementos finitos.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Determinar parámetros para el estudio de los dispositivos de cubrimiento y cierre en función tanto de los productos anteriores como de los nuevos requerimientos establecidos por la norma NTE INEN EN 124-1, 2019.
2. Caracterizar los dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos que actualmente comercializa la empresa a través de ensayos mecánicos y propiedades físicas.
3. Validar los resultados obtenidos mediante el análisis por elementos finitos realizando ensayos experimentales en laboratorios según la norma NTE INEN-EN 124-1, 2019.
4. Capacitar al departamento de diseño y desarrollo de FUNDIRECICLAR S. A en la nueva metodología.

## **1.3 Alcance**

Este trabajo busca determinar los parámetros principales de diseño de los dispositivos y cómo influyen en su resistencia mecánica, cumpliendo los requisitos de la norma NTE INEN-EN 124-1, 2019, para lo cual se empleará una metodología de elementos finitos para simular varias alternativas y elegir la más óptima que se procederá a validar experimentalmente en un laboratorio.

Se espera que este trabajo sirva como referencia a la industria nacional de la fundición, y ayude en casos de estudio realizados por el laboratorio de fundición de la Escuela Politécnica Nacional.

## 1.4 Marco teórico

### **Diseño y Desarrollo.**

El Diseño se fundamenta en detallar la arquitectura del producto, a través un análisis en subsistemas y elementos, los propósitos preliminares para el método de producción y la representación del ensamble final.

**Arquitectura del Producto:** La arquitectura de un producto debe suponerse en términos prácticos y concretos. Los componentes prácticos de un producto son las instrucciones y evoluciones individuales que favorecen a su utilidad habitual.

**Diseño de Detalle:** El Diseño de Detalle reside en ejecutar las determinaciones completas de la geometría, materiales y tolerancias de cualquiera de las piezas ideales del producto y la caracterización de todas las piezas estándar a ser obtenidas de proveedores. Además, se debe crear un método de proceso y diseñar el herramental para cada pieza a ser elaborada dentro del medio de producción. Esta etapa concluye con la documentación de inspección del producto, es decir, los planos o registros que describen la forma de cada una de las piezas y como deben ser fabricadas, las especificaciones técnicas de los elementos comprados, y los proceso para el ensamble final del producto.

**Diseño robusto:** Se puntualiza un producto robusto como aquel que se desempeña como se espera aún en situaciones no idealizadas como pueden ser transiciones del proceso de fabricación o una diversidad de circunstancias de trabajo. Se emplea la palabra ruido para referir desviaciones no esperadas que afectan a la tarea y se indica que un producto de calidad debe ser robusto en situaciones de ruido.

El Diseño Robusto consiste en el desarrollo de un producto para optimizar su servicio anhelado y simultáneamente minimizar los efectos de ruido. En Diseño Robusto se utilizan ensayos y estudios de datos para localizar puntos de referencia para las medidas de diseño que pueden ser controladas. Un punto robusto es una composición de valores de cuantificaciones de diseño en donde el desempeño del producto es eficiente en variadas condiciones de trabajo y fabricación.

**Desarrollo del Producto:** Consiste en las acciones que empieza con la percepción de una oportunidad de mercado y finaliza con la fabricación, comercio y entrega de un producto.

Desde el punto de vista de los inversionistas en una compañía con fines de lucro, el desarrollo un producto exitoso es el resultado de productos que pueden producirse y venderse rentablemente, aun cuando es difícil de evaluar con precipitación. Se pueden indicar cuatro factores importantes para evaluar el desarrollo de un producto:

1. Calidad
2. Costo
3. Tiempo
4. Capacidad

Un alto beneficio en estos cuatro factores llevan al triunfo económico, pero conviene reflexionar sobre otros razonamientos como: la naturaleza del producto, la generación de empleos, los modelos de seguridad, el uso ambientalmente sano de los recursos y la producción mínima de desechos peligrosos.

**Retos en el desarrollo del producto:** El desarrollo de buenos productos suele resultar muy complicado, por lo que exteriorizan un reto importante para un equipo. Algunas de las razones que dificultan este proceso son:

1. Consentimientos de diseño
2. Dinámica
3. Detalles
4. Economía
5. Tiempo

Para diversas personas, el desarrollo de productos es atractivo justamente porque es arduo. Además varias condiciones favorecen a su interés:

1. Creación
2. Diversidad
3. Satisfacción

### **Ingeniería concurrente**

Según Riba, 2002:

“La ingeniería concurrente es una nueva forma de concebir la ingeniería de diseño y desarrollo de productos y servicios de forma global e integrada donde concurren las siguientes perspectivas:

**Punto de vista del producto:** Se toman en consideración tanto la gama que se fabrica y ofrece a la empresa como los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida y los costes o recursos asociados

**Punto de vista de los recursos humanos:** Colaboran profesionales que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramiento y de decisión (con presencia de las voces significativas) o de forma individual en tareas de impulsión y gestión (gestor de proyecto), tanto si pertenecen a la empresa como si son externos a ella (otras empresas, universidades o centros tecnológicos)

**Punto de vista de los recursos materiales:** Concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación sobre una base de datos y de conocimientos cada vez más integrada (modelización 3D, herramientas de simulación y cálculo, prototipos y útiles rápidos, comunicación interior, Internet).”

### **Análisis por elementos finitos**

Se fundamenta en un método numérico para resolver de problemas de ingeniería con un alto grado de complicación, debido a que los problemas presentes en estas áreas, frecuentemente incluyen formas complejas, cargas puntuales y características propias de los materiales, por lo que no siempre se puede obtener una solución analítica de expresiones matemáticas de forma directa.

Se deduce por solución analítica a las expresiones matemáticas que lanzan resultados para una incógnita que se desea determinar, la cual es permitida a lo extenso del cuerpo experimentado y, consecuentemente, es admitida también en cualquier zona del elemento en un número infinito de lugares en el mismo. Habitualmente se requiere la solución de ecuaciones diferenciales parciales u ordinarias.

No obstante la formulación que se formula por medio del uso del método de elementos finitos, admite que el problema sea trazado como una sucesión de ecuaciones algebraicas simultaneas, en lugar de demandar la resolución de ecuaciones diferenciales complejas, pero, dado que requiere discretizar el problema, esté método, como todos los métodos numéricos, lanzan valores cercanos de las incógnitas en un número finito de lugares localizados en el cuerpo.

La discretización consiste división equivalente de un cuerpo, en un sistema formado por cuerpos más pequeños relacionados por medio nodos, los cuales se sobrellevan como volúmenes de control independientes, y afectan a las condiciones de frontera del cuerpo experimentado. En el procedimiento del método de elementos finitos, el cuerpo del problema se divide en un número finito de elementos, que se resuelven paralelamente y se genera un resultado agrupando cada uno de los resultados arrojados por los elementos finitos.

## **Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos**

### **Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo**

**Pozo de registro:** Estructura con tapa desmontable construida sobre un drenaje o alcantarillado para permitir la entrada de personal.

**Arqueta de inspección:** Estructura con tapa desmontable construida sobre un drenaje o alcantarillado en la cual se pueden introducir dispositivos de limpieza e inspección desde el nivel de superficie, pero no proporciona acceso para el personal.

**Sumidero:** Montaje para recibir agua para descarga hacia un sistema de drenaje.

**Dispositivo de cubrimiento:** Elemento superior de un sumidero compuesto por un marco y una rejilla, con o sin tapa.

**Dispositivo de cierre:** Parte superior de un pozo de registro o arqueta de inspección constituida por un marco y una tapa y/o rejilla.

**Marco:** Parte de un dispositivo de cubrimiento o de cierre que recibe y soporta una rejilla y/o una tapa.

**Profundidad del marco:** Distancia entre la superficie superior y la superficie inferior del marco.

**Rejilla:** Parte desmontable o abertura dentro de un dispositivo de cierre o de cubrimiento que permite el paso de agua a través suyo hacia el sumidero o hacia el pozo de registro.

**Tapa:** Parte desmontable de un dispositivo de cierre o de cubrimiento que cubre la abertura del pozo de registro o sumidero.

**Elemento:** Marco o tapa o rejilla de un dispositivo de cierre o de cubrimiento. No son elementos las bisagras, los accesorios de bloqueo y otros accesorios.

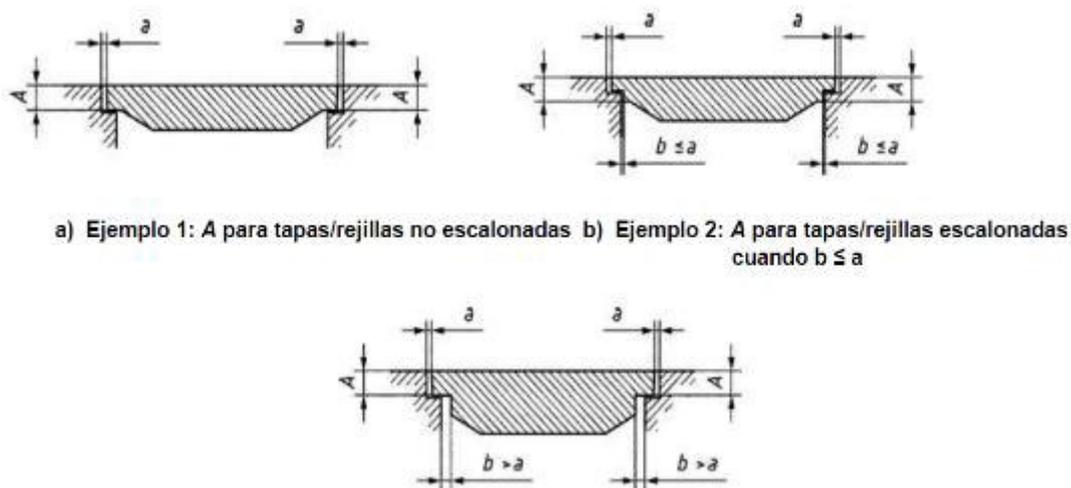
**Orificio de ventilación:** Abertura en la tapa de un dispositivo de cierre para proporcionar ventilación.

**Colador para la suciedad:** Componente desmontable de un dispositivo de cubrimiento que recoge los desperdicios.

**Cesta para la suciedad:** Componente desmontable de un dispositivo de cierre que recoge los desperdicios.

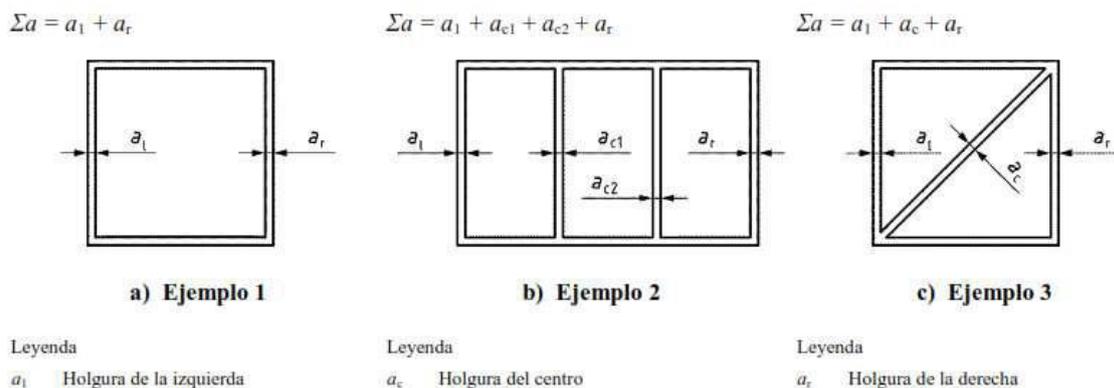
**Asiento:** Superficie sobre la que descansan la rejilla o la tapa en el marco.

**Profundidad de encastramiento, A:** Distancia entre la parte superior del marco y la parte inferior de la tapa o la rejilla adyacente al asiento ver **Figura 1**.



**Figura 1** Ejemplos para la determinación de la profundidad de encastramiento. (Normalización, 2019)

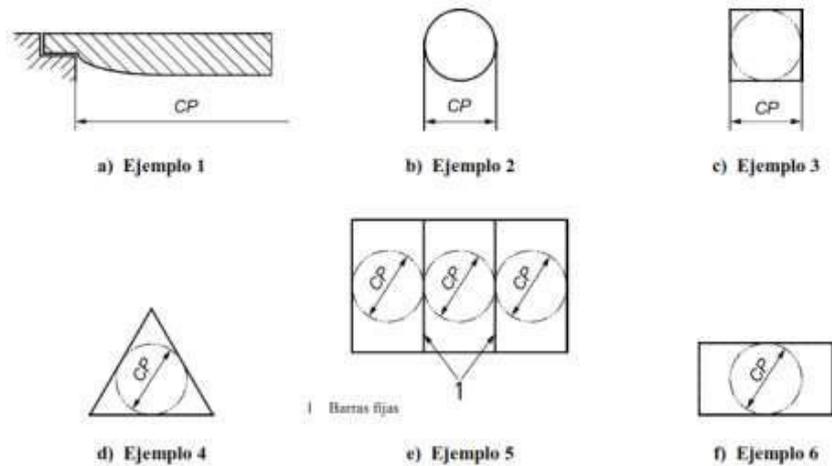
**Holgura total,  $\Sigma a$ :** resultado de la sumatoria de las holguras individuales máximas entre los elementos contiguos del marco y de la rejilla/tapa. Los ejemplos se muestran en la **Figura 2**. La holgura total se expresa en milímetros (mm).



**Figura 2** Ejemplos para la determinación de la holgura total. (Normalización, 2019)

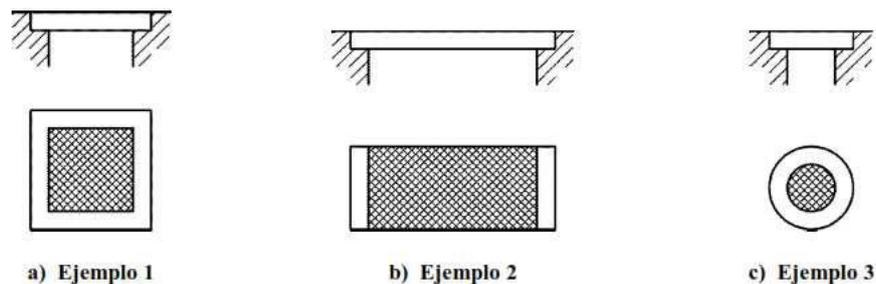
**Área de apoyo del marco,  $A_b$ :** Superficie del lado inferior de un marco que descansa sobre la estructura de soporte. El área de apoyo se expresa en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).

**Cotas de paso, CP:** Diámetro del círculo mayor que puede inscribirse en la abertura libre del marco. Los ejemplos se muestran en la **Figura 3**. La cota de paso se expresa en milímetros (mm).



**Figura 3** Ejemplos de cota de paso. (Normalización, 2019)

**Abertura libre, CA:** Área no obstruida entre los asientos en el marco. En la **Figura 4** se muestran ejemplos de áreas no obstruidas. En el caso de que el área de los asientos en el marco esté interrumpida por áreas funcionales, por ejemplo, áreas para drenaje de agua, áreas para sujeción de cestas para la suciedad o medios de acceso a los pozos de registro y espacios para bisagras, sistemas de bloqueo y aseguramiento, estas áreas funcionales no se consideran para el cálculo de la masa por unidad de área. Si hay más posibilidades, necesita ser utilizada la mayor de las áreas libres posibles. La abertura libre se expresa en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).



**Figura 4** Ejemplos de abertura libre. (Normalización, 2019)

**Área de desagüe:** Área de entrada del drenaje efectiva total sobre la superficie superior del dispositivo de cubrimiento y en las unidades de bordillo de la acera. El área de desagüe se expresa en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).

**Dispositivo de aseguramiento:** Dispositivo que es integral con el marco o tapa(s)/rejilla(s) o instalada como parte del proceso de fabricación para retener de forma segura la(s) tapa(s)/rejilla(s) en el marco bajo condiciones de tráfico en el lugar de instalación y para evitar el movimiento no apropiado de la(s) tapa(s)/rejilla(s) como expulsión y elevación no intencionada. Por ejemplo: tornillos, tuercas, barras de resortes, etc.

**Masa por unidad de área:** Masa total de la tapa o de la rejilla en kilogramos dividido por la abertura libre en metros cuadrados. La masa por unidad de área se expresa en kg/mm<sup>2</sup>.

**Soporte elástico:** Accesorio proporcionado dentro de un marco, rejilla o tapa para conseguir estabilidad y ausencia de ruido en el uso.

**Carga de ensayo, FT:** Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de la capacidad de soporte de carga. La carga de ensayo se expresa en kilonewtons (kN).

**Carga de la flecha residual, Fp:** Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para ensayar la flecha residual ( $F_p = 2/3 FT$ ).

**Carga de deformación, FD:** Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de deformación bajo carga ( $FD = 1/3 FT$ ).

**Área peatonal:** Área reservada para los peatones y abierta solo ocasionalmente al tráfico de vehículos para descarga, para fines de limpieza o en caso de una emergencia.

**Calle peatonal:** Área donde el tráfico de vehículos está prohibido durante ciertos periodos (por ejemplo, áreas peatonales durante horario laboral y para tráfico de vehículos fuera de dichas horas).

**Accesorios de bloqueo:** Componente añadido para evitar la elevación, la apertura o la retirada no autorizada de la tapa/rejilla.

### **Símbolos y abreviaturas**

**Pb:** Presión de soporte del marco.

**USRV:** Valor de resistencia al derrape en superficies no pulidas.

### **Clasificación**

**Bases de la clasificación:** Basándose en las cargas de ensayo de acuerdo con la **Tabla 4**, los dispositivos de cubrimiento o de cierre deben clasificarse dentro de una de las siguientes clases:

A 15, B 125, C 250, D 400, E 600 o F 900.

**Clasificación en el contexto del uso al que están destinados:** Deben tenerse en cuenta las prestaciones del lugar de instalación para las diferentes clases de dispositivos de cierre o de cubrimiento.

La clase adecuada de un dispositivo de cubrimiento o de cierre a utilizar depende de la zona de instalación. Las distintas zonas de instalación han sido divididas en los siguientes

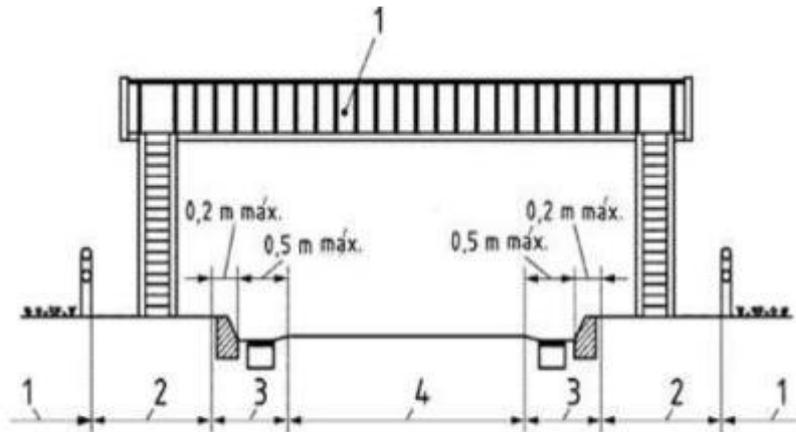
grupos numerados del 1 al 6, como se puede observar en la **Figura 5** y la **Figura 6** indica la ubicación de estos grupos en una carretera. La clase mínima recomendada para cada grupo se encuentra en el paréntesis.

1. Grupo 1 (clase A 15): Zonas que solo pueden ser utilizadas por peatones y ciclistas.
2. Grupo 2 (clase B 125): Zonas peatonales y áreas similares, áreas de estacionamiento o aparcamiento para coches de varios pisos.
3. Grupo 3 (clase C 250): para dispositivos de cubrimiento, instalados en la zona de cunetas de los arcenes de carretera ver **Figura 5**, cuando se miden desde el extremo del bordillo de la acera, se extienden un máximo de 0,5 m sobre la calzada y un máximo de 0,2 m sobre el área peatonal.
4. Grupo 4 (clase D 400): calzadas de carreteras (incluyendo las calles peatonales), arcenes estabilizados ver **Figura 6** y áreas de aparcamiento, para todo tipo de vehículo.
5. Grupo 5 (clase E 600): Zonas por las que circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo, muelles, pavimentos de aeropuertos.
6. Grupo 6 (clase F 900): Zonas por las que particularmente circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo, pavimentos de aeropuertos.

El cumplimiento del producto con la Normas EN 124 no reemplaza la responsabilidad del usuario de asegurar que el dispositivo de cubrimiento o el dispositivo de cierre están correctamente instalados y que sus elementos (marco y rejilla/tapa) tengan los requerimientos de diseño necesarios.

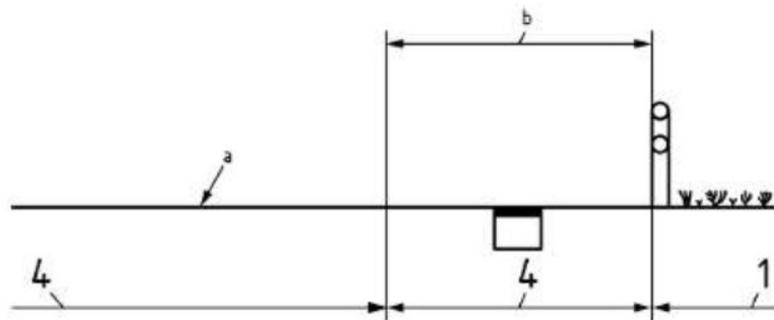
Para rejillas cóncavas los lugares de instalación deben estar limitados a los siguientes lugares de usos a los que están destinadas:

1. Grupos 1, 2 y 3;
2. Grupo 4, solo para áreas de aparcamiento.



- Leyenda
- 1 Grupo 1
  - 2 Grupo 2

**Figura 5** Sección transversal típica de calzada de carretera mostrando la colocación de los grupos. (Normalización, 2019)



- Leyenda
- 1 Grupo 1
  - 2 Grupo 4
  - a Calzada de vehículos
  - b Arcén estabilizado

**Figura 6** Detalle típico de un arcén estabilizado mostrando la colocación de los grupos. (Normalización, 2019)

### Requisitos de diseño

**Orificios de ventilación en las tapas:** Las tapas pueden diseñarse con o sin orificio de ventilación. Para tapas con orificios de ventilación, el área mínima de estos orificios debe estar de acuerdo con la **Tabla 1** y sus dimensiones de acuerdo con la **Tabla 2**.

**Tabla 1** Área mínima de orificios de ventilación. (Normalización, 2019)

Cota de paso CP	Área mínima de orificios de ventilación cm <sup>2</sup>
≤ 600 mm	5 % de área de un círculo que tenga un diámetro igual a la cota de paso
> 600 mm	140

**Tabla 2** Medidas de los orificios de ventilación. (Normalización, 2019)

Clase	Medidas de las ranuras		Diametros de agujeros
	Longitud	Anchura	mm
A 15 y B 125	≤ 170	18 a 25	18 a 38
C 250 a F 900	≤ 170	18 a 32	30 a 38

**Cota de paso de los dispositivos de cierre para entrada de hombre:** La cota de paso de los dispositivos de cierre debe declararse en la documentación del producto. La cota de paso se considera que es de, al menos 600 mm para la entrada de un hombre.

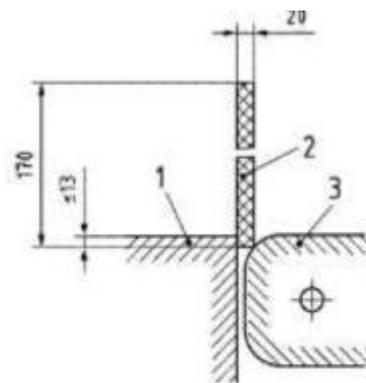
**Profundidad de encastramiento:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre de las clases D 400, E 600, y F 900 con la excepción de aquellos que cuenten con un dispositivo de aseguramiento de la tapa/rejilla en el marco, deben tener una profundidad de encastramiento A de 50 mm como mínimo.

### Holgura

**Holgura total:** La holgura puede llevar un desplazamiento horizontal de la tapa o la rejilla con respecto a su marco. Con el fin de limitar este desplazamiento, la holgura total  $\Sigma\alpha$ , deben cumplir los siguientes requisitos:

1. para tapas o rejillas en una o dos partes:
  - 1.1. cota de paso  $CP \leq 400$  mm:  $\Sigma\alpha \leq 7$  mm,
  - 1.2. cota de paso  $CP > 400$  mm:  $\Sigma\alpha \leq 9$  mm,
2. para tapas o rejillas con tres o más partes aseguradas en el marco, cada holgura individual debe limitarse a un máximo de 5mm;
3. para tapas o rejillas con tres o más partes no aseguradas en el marco, la holgura total  $\Sigma\alpha$  resultante del desplazamiento de todas las partes no deben exceder de 15mm.

**Holgura alrededor de las bisagras:** Cuando las tapas o rejillas abisagradas tengan un borde articulado perfilado radialmente en el lado abisagrado, este será perfilado de tal forma que el medidor de 170 mm x 1700 mm x 20 mm, como se muestran en la **Figura 7**, no pueda penetrar en el espaciado comprendido entre el marco adyacente y el borde curvado de la tapa o rejilla en más de 13 mm.



Leyenda

- 1 Marco
- 2 Medidor
- 3 Tapa o rejilla

**Figura 7** Medidor. (Normalización, 2019)

El medidor debe mantenerse vertical y sus 170 mm de longitud deben mantenerse paralelos al borde perfilado. Además, el espacio no debe exceder las dimensiones de la ranura máxima de acuerdo con la **Tabla 3**. La tolerancia del medidor debe ser  $\pm 0,2$  mm con radio máximo de 1mm.

Las ranuras entre dos bisagras de tapas o rejillas no deben exceder las dimensiones de acuerdo con la **Tabla 3**.

**Tabla 3** Medidas de las ranuras. (Normalización, 2019)

Aberturas		Clase	Anchura <sup>a</sup> (mm)	Longitud (mm)
Ranuras rectas	Orientación de acuerdo con la figura 8	Posición 1 y posición 2	8 a 18	Sin limitación
			> 18 a 25	$\leq 170$
		Posición 1	C 250 y F 900	$\leq 170$
		Posición 2	C 250	Sin limitación
		D 400 a F 900	18 a 42	Sin limitación
Ranuras en otras formas	Las ranuras en otras formas no pueden exceder una anchura de 25 mm para las clases A 15 y B 125 y una anchura de 42 mm para las clases C 250 a F 900. Deben diseñarse de forma que se evite que los 170 mm de longitud del medidor pasen a través de la ranura. El medidor debe mantenerse de forma vertical con su extremo de 170 mm paralelo a la superficie de la rejilla.			
<sup>a</sup> En las áreas peatonales y/o calles peatonales, está permitida una reducción de la anchura de la ranura de 5 mm.				

**Compatibilidad de los asientos:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre de todas las clases deben asegurar la compatibilidad de sus respectivos asientos. Esto debe evaluarse mediante el montaje de la tapa/rejilla y el marco.

Además, en las clases D 400 a F 900, estos asientos deben diseñarse y elaborarse de manera que se asegure la ausencia de ruido en el uso y el comportamiento. Esto puede conseguirse mecanizando las superficies de contacto, o utilizando soportes elásticos, o mediante un diseño de suspensión de tres puntos o cualquier otro método adecuado. Cuando se ensaye la tapa/rejilla no debe tener un incremento en altura sobre el extremo superior del marco de más de 0,5 x profundidad de encastramiento con un valor máximo de 25 mm en cualquier punto del perímetro.

**Aseguramiento de la tapa/rejilla en el marco:** La tapa/rejilla debe asegurarse en su marco para cumplir con las condiciones requeridas correspondientes al lugar previsto de instalación.

Este debe conseguirse mediante al menos uno de los siguientes métodos:

1. dispositivo de aseguramiento;
2. masa por unidad de área;
3. otros métodos.

Estos métodos deben diseñarse de forma que permitan la apertura de las tapas y rejillas mediante las herramientas habituales, excepto en el caso de que la empresa especificadora requiera un sistema de bloqueo adicional. Para métodos de aseguramiento de acuerdo con los puntos 1) y 3), la resistencia a la corrosión debe ser al menos equivalente a la del marco o a la de la tapa/rejilla o a la de los materiales de acuerdo con EN 124-2 o EN 124-3.

El aseguramiento de las tapas/rejillas en los marcos debe ensayarse y debe declararse el método de aseguramiento y los detalles de diseño.

Cuando se requiera mediante las disposiciones específicas del lugar de uso al que está destinado, los métodos mencionados anteriormente para el aseguramiento de las tapas/rejillas deben cumplir dichas disposiciones.

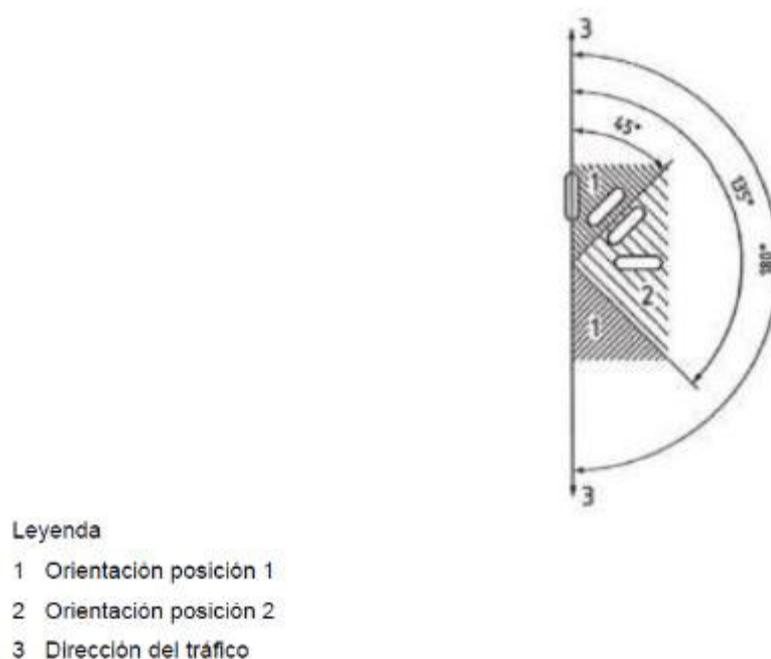
Para fines como la prevención de la retirada, elevación no autorizada de tapas/rejillas o vandalismo, la empresa especificadora puede requerir accesorios de bloqueo adicionales. La selección de los accesorios de bloqueo apropiados es responsabilidad de la empresa especificadora. La previsión del accesorio de bloqueo apropiado no está, en este caso, dentro de la responsabilidad del fabricante.

**Manipulación de las tapas y rejillas:** Deben contemplar todas las acciones necesarias para que el desprendimiento efectivo y la apertura de las tapas y rejillas sea por medio de las herramientas frecuentes. Pueden incorporarse características y/o dispositivos adicionales de elevación en el diseño de los dispositivos de cierre y cubrimiento.

### **Dimensiones de las ranuras de las rejillas**

**Área de desagüe:** Para todas las clases, las dimensiones de las ranuras en las rejillas deben escogerse en función de la capacidad hidráulica, y las ranuras deben distribuirse uniformemente sobre la abertura libre. El área de desagüe no puede ser menor del 30 % de la abertura libre.

**Dimensiones de las ranuras:** Las ranuras en las rejillas deben poseer las dimensiones establecidas en la **Tabla 3**. Y para las clases C 250 a F 900 dependen de la orientación del eje longitudinal de las ranuras con la correspondencia a la dirección del tráfico, de acuerdo con la **Tabla 3** y la **Figura 8**.



**Figura 8** Orientación de las ranuras en las rejillas. (Normalización, 2019)

Los valores de anchura mínima de esta tabla no se aplican a las ranuras inmediatamente contiguas al lado articulado de la rejilla asociado con la apertura de la rejilla.

**Cesta y colador para la suciedad:** Cuando se especifican cestas o coladores para la suciedad, se diseñaran para garantizar que el drenaje y la ventilación continuaran aun cuando las cestas o los coladores estén llenos.

**Colocación de las tapas y rejillas:** Se debe asegurarse mediante un diseño apropiado que la tapa o rejilla pueda estar en una posición predeterminada relativa al marco.

**Planicidad de las tapas del dispositivo de cierre y de las rejillas:** La superficie superior de las rejillas y de las tapas de clases D 400 a F 900, la cual es la superficie en contacto con el tráfico, debe ser plana dentro de una tolerancia del 1 % de la cota de paso con un máximo de 6 mm.

**Concavidad de las rejillas:** Las rejillas diseñadas con una superficie cóncava que exceda los 6 mm se describen como cóncavas.

**Condiciones superficiales:** En ciertos ambientes en los que legalmente se requieren neumáticos con clavos o en los que existen limitaciones legales a las emisiones de tóxicos, la empresa especificadora puede requerir que se realicen ensayos apropiados adicionales para comprobar si estas se ajustan a los fines en el lugar de instalación.

**Dispositivos de cierre con características de sellado:** Los dispositivos de cierre de acuerdo con la norma NTE INEN-EN 124-1 pueden diseñarse con características de sellado para resistir al levantamiento accidental como consecuencia de la presión de agua.

Los dispositivos de cierre pueden también incorporar características de sellado para evitar o limitar:

1. El escape de olores a través del dispositivo de cierre ( sin presión); o
2. La entrada de agua superficial sin presión (agua lluvia).

**Área de apoyo del marco:** Debe diseñarse de tal manera que la presión de soporte  $P_b$  en base a la carga de ensayo  $FT$  no exceda de 7,5 N/mm<sup>2</sup> para contribuir a la estabilidad bajo condiciones de trabajo. La presión de soporte  $P_b$  debe calcularse de acuerdo con la

**Ecuación 1:**

$$P_b = \frac{FT}{A_b}$$

**Ecuación 1** Presión de Soporte

Donde:

**Ab:** Es el área de apoyo del marco en mm<sup>2</sup>.

**Pb:** Se expresa en N/mm<sup>2</sup>.

**Profundidad del marco:** La profundidad del marco de los dispositivos de cubrimiento y de cierre de la clase D 400, E 600 y F 900 debe ser, al menos, de 100 mm.

Para la clase D 400 la profundidad del marco puede reducirse a 75 mm siempre que el marco se fabrique de hierro fundido o de acero y disponga de medios de anclaje.

**Ángulo de apertura de las tapas/rejillas articuladas:** El ángulo de apertura de las tapas o rejillas articuladas deberá ser de al menos 100° con la horizontal.

Pueden ser necesarias previsiones adicionales para evitar que las tapas o rejillas se cierren de forma accidental, por ejemplo, en función de las condiciones del lugar o de servicio.

### Requisitos de comportamiento

**Apariencia:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre deben estar libres de defectos visibles que perjudiquen su uso.

**Capacidad de soporte de carga:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre que posean una cota de paso (CP) igual o mayor de 250 mm deben soportar la carga de ensayo de acuerdo con la **Tabla 4**. Cuando la cota de paso (CP) sea menor de 250 mm, la carga de ensayo deberá ser como se indica en la **Tabla 4**, multiplicada por CP/250, pero no podrá ser menor de 0,6 veces la carga de ensayo.

Las tapas/rejillas y marcos fabricados de materiales de acuerdo con EN 124-2, EN 124-3, EN 124-5 y EN 124-6 no deben mostrar grietas ni delimitaciones durante el transcurso del ensayo cuando se observe sin aumentos.

La capacidad de soporte de carga debe declararse la clase correspondiente de acuerdo con la **Tabla 4**.

**Tabla 4** Carga de Ensayo. (Normalización, 2019)

Clase	A 15	B 125	C 250	D 400	E 600	F 900
$F_T$ en kN	15	125	250	400	600	900

Para la clase A, el fabricante puede, si se requiere por la empresa especificadora, deberá declarar la carga de ensayo alcanzada.

**Flecha residual:** Cuando se ensaye la flecha residual de la tapa o rejilla luego de la aplicación de  $F_p$  (2/3 de la carga de ensayo  $F_T$ ) no podrá exceder los valores dados en la **Tabla 5**.

**Tabla 5** Flecha residual admisible. (Normalización, 2019)

Clase	Flecha residual admisible mm	
A 15 y B 125	$\frac{CP^a}{100}$	
C 250 hasta F 900	$\frac{CP^b}{300}$ Cuando se asegure de acuerdo con los puntos a) o c) de 6.6	$\frac{CP^c}{500}$ Cuando se asegure de acuerdo con el punto b) de 6.6
<sup>a</sup> CP/50 para CP < 450 mm con un valor máximo de 6,5 mm. <sup>b</sup> 1,0 mm máximo cuando CP < 300 mm. <sup>c</sup> 1,0 mm máximo cuando CP < 500 mm.		

## Derrape

**Generalidades:** Todos los dispositivos de cierre y de cubrimiento deben ser resistentes al derrape en su campo de aplicación. Esto puede conseguirse:

1. Mediante cumplimiento de los requisitos sobre diseño de acuerdo con los puntos 1) 2) de resistencia al derrape de las tapas para las tapas y/o de acuerdo con resistencia al derrape de las rejillas para las rejillas y resistencia al derrape de los marcos para los marcos, o
2. mediante ensayo de acuerdo con el punto 3) de Resistencia al derrape de las tapas para las tapas y Resistencia al derrape de los marcos para los marcos.

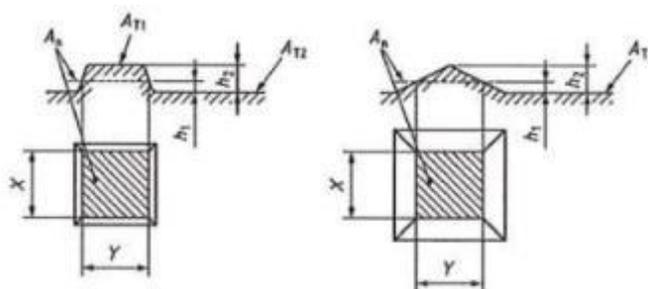
## Resistencia al derrape de las tapas

La superficie superior de las tapas debe estar de acuerdo con al menos uno de los siguientes requisitos:

1. Fabricarse de hormigón, siempre que la superficie superior de la tapa no haya sido ni esmerilada ni pulida. Pueden requerirse disposiciones adicionales para evitar derrapes potenciales en la tapa de hormigón o la tapa rellena de hormigón, por ejemplo, donde la mezcla de hormigón contenga áridos finos de piedra caliza.
2. Debe tener una superficie superior estructurada con un patrón resaltado definido o una superficie superior de textura gruesa que permita el drenaje/dispersión libre del agua al área circundante y que cumpla con los siguientes requisitos dimensionales:
  - 2.1. Cuando se mida a partir de la superficie plana total, el patrón resaltado debe tener una altura de 2 mm a 6 mm para las clases A 15, B125 y C 250, y una altura de 3 mm a 8 mm para las clases D 400, E 600 y F 900.
  - 2.2. El patrón resaltado debe estar distribuido tan uniformemente como sea posible sobre el área superficial plana total del dispositivo de cierre.

- 2.3. El área superficial total del patrón resaltado ( $\Sigma A_n$ ) no debe ser menor del 10 % y no más del 70 % del área superficial proyectada total ( $A_{T2}$ ).
- 2.4. El área superficial de cualquier patrón resaltado simple definida como  $A_n$  debe calcularse como se indica en la **Figura 9**.

Las partes del logo que están dentro de los requisitos de altura se consideran como parte del patrón resaltado y deben proporcionar el drenaje/dispersión libre del agua.



Leyenda

$A_n$ Área superficial de un patrón resaltado individual a la altura $h_1$ como se mide a partir de la superficie plana del dispositivo de cierre	$A_{11}$ Superficie superior del patrón resaltado
$h_2$ Altura del patrón resaltado	$A_{T2}$ Área superficial proyectada total del dispositivo de cierre
$h_1$ Altura mínima del patrón resaltado	$Y$ Longitud del patrón resaltado medido en $A_n$
	$X$ Anchura del patrón resaltado medido en $A_n$

**Figura 9** Ejemplo para la determinación del patrón resaltado.

(Normalización, 2019)

3. Debe tener una USRV de no menos de 35 cuando se ensaye de acuerdo con el anexo C de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, cuando la superficie de la tapa no cumpla con los requisitos del punto 1) y/o del punto 2). La explicación sobre el uso del método de ensayo del péndulo se da en el anexo G Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07.

**Resistencia al derrape de las rejillas:** Se considera que las rejillas satisfacen la resistencia al derrape. Cuando se proporciona un patrón resaltado, este debe tener una altura de 2 mm a 6 mm para las clases A 15, B 125, C 250 y una altura de 3 mm a 8 mm para las clases D 400, E 600 y F 900.

**Resistencia al derrape de los marcos:** Si los marcos o partes de ellos tienen una anchura visible horizontal que excede de 40 mm, deben aplicarse también para estos marcos los requisitos para las tapas de acuerdo con la resistencia al derrape de las tapas.

**Seguridad infantil:** Cuando se requiera prestaciones específicas en el lugar de uso al que están destinados, deben incorporarse características y/o dispositivos de seguridad infantil en el diseño de los dispositivos de cierre y/o de cubrimiento.

La resistencia de las tapas o rejillas para ser retiradas por niños debe lograrse por uno de los siguientes medios:

1. masa de las tapas o rejillas individuales;
2. dispositivo de aseguramiento; o
3. accesorio de bloqueo.

Cuando se utilice un accesorio de bloqueo o un dispositivo de aseguramiento, este debe diseñarse de forma que la tapa o rejilla no pueda abrirse fácilmente con objetos accesibles por los niños.

### **Hierros Fundidos**

Los hierros fundidos son aleaciones compuestas por hierro y carbono (2 al 5% de contenido de Carbono de su peso total), con composición química de: silicio del 2 al 4%, manganeso hasta 1% de contenido de su peso total, bajo azufre y bajo fósforo.

Las fundiciones resultan más factibles de mecanizar que los aceros, por lo que se pueden obtener piezas con diferente tamaño y forma, su costos son bajo debido a que no se requiere de equipos ni hornos muy sofisticados para su fabricación. Presentan las siguientes ventajas absorben vibraciones mecánicas, son autolubricantes; son resistentes al choque térmico, a la corrosión y tienen buena resistencia al desgaste. Una forma de clasificarlas es de acuerdo al aspecto de su fractura, y pueden ser: grises, blancas, atruchadas, maleables, nodulares y especiales.

### **Ensayos de laboratorio**

**Generalidades:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre deben ensayarse como unidades completas en suposición prevista de uso, donde la tapa/rejilla esté adecuadamente en el marco y el marco esté soportado de forma que replique la estructura de soporte de la instalación a la que está destinada. Todos los productos ensayados deben inspeccionarse visualmente sin aumentos.

**Flecha residual:** La flecha residual de la tapa o rejilla debe determinarse después de la aplicación de  $F_p=2/3 FT$  sin carga previa. La flecha residual debe medirse con una exactitud de 0,1 mm.

**Capacidad de soporte de carga:** Inmediatamente después del ensayo todos los dispositivos de cubrimiento y de cierre deben someterse al ensayo de capacidad de soporte de carga bajo las cargas de ensayo FT.

#### **Verificación de los requisitos de diseño**

**Orificios de ventilación:** Las ranuras y agujeros de ventilación deben medirse con una exactitud de 1 mm. El área de orificios de ventilación debe calcularse con una aproximación de 100 mm<sup>2</sup>.

**Cota de paso:** Las dimensiones de la cota de paso (CP) deben medirse con una aproximación de 1 mm.

**Profundidad de encastramiento:** La profundidad de encastramiento (A) y los valores de holgura a y b deben medirse con una aproximación de 0,5 mm.

**Holgura:** Las holguras entre las tapas o rejillas y los marcos deben medirse con una exactitud de 0,5 mm y debe calcularse la holgura total ( $\Sigma\alpha$ ). La holgura alrededor de una bisagra debe controlarse mediante la utilización de un medidor de 170 mm x 170 mm x 20 mm.

**Compatibilidad de los asientos:** La compatibilidad de los asientos debe inspeccionarse de acuerdo con la especificación del fabricante.

**Aseguramiento de la tapa y/o rejilla dentro de su marco:** El método de aseguramiento declarado debe inspeccionarse visualmente con relación a la función, al uso de materiales y a los valores declarados correspondientemente a los detalles de diseño.

Si se consigue el aseguramiento mediante el punto b) de Aseguramiento de la tapa/rejilla en el marco, la pesada de la masa es suficiente. En este caso, la tapa/rejilla debe pesarse con una exactitud del 1% y la abertura libre debe calcularse con una exactitud de 100 mm<sup>2</sup>.

**Manipulación de las tapas y rejillas:** La manipulación de las tapas y rejillas debe ensayarse físicamente para el desprendimiento y apertura de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

**Dimensiones de las ranuras:** La distribución uniforme de las ranuras sobre la abertura libre debe inspeccionarse visualmente. El área superficial de desagüe debe calcularse con una aproximación de 100 mm<sup>2</sup>.

Las dimensiones de las ranuras rectas deben medirse con una aproximación de 1 mm. Las dimensiones de las ranuras distintas de las rectas deben controlarse mediante un medidor de 170 mm x 170 mm x 20 mm.

**Cestas y coladores para la suciedad:** El dispositivo de cubrimiento o de cierre con un colador/cesta para la suciedad lleno debe inspeccionarse visualmente para asegurarse que tanto el drenaje como la ventilación son todavía posibles.

**Colocación de las tapas y rejillas:** La colocación de las tapas y rejillas de acuerdo con Colocación de las tapas y rejillas, si procede, debe inspeccionarse visualmente. La característica de diseño apropiado que asegura una orientación particular de la tapa o rejilla en el marco debe examinarse para la adecuación al uso.

**Planicidad de las tapas y rejillas:** La planicidad debe medirse con una exactitud de 0,5 mm.

**Concavidad de las rejillas:** La profundidad máxima debe medirse con una exactitud de 0,5 mm.

**Resistencia al derrape:** La resistencia al derrape de la superficie superior de la tapa/rejilla y el marco debe determinarse como sigue:

1. En el caso de hormigón de acuerdo con el punto a) de Resistencia al derrape de las tapas, la tapa/rejilla debe inspeccionarse de acuerdo con la declaración del fabricante de que no ha sido pulida o esmerilada y conforme con las prestaciones de acuerdo con 124-4 para el material correspondiente. Cuando los áridos contengan finos de piedra caliza, pueden ser necesarias provisiones adicionales para evitar que la tapa de hormigón o la tapa rellena de hormigón tenga potencial de derrape.
2. En caso de un patrón resaltado definido como se especifican en el punto b) de Resistencia al derrape de las tapas, la altura del patrón resaltado debe medirse con una exactitud de 0,5 mm. El área superficial total del patrón resaltado de la tapa y el marco debe determinarse bien por referencia al plano y posterior control por inspección visual o bien por medición de las dimensiones de la superficie superior del patrón resaltado con una exactitud de 100 mm<sup>2</sup>. Debe calcularse el porcentaje del área superficial total del patrón resaltado.
3. En caso de productos no conformes con los puntos 1), y 2) de Resistencia al derrape de las tapas, la condición superficial debe medirse de acuerdo con el anexo C de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07.

**Área de apoyo del marco:** Debe calcularse el área de apoyo.

**Profundidad del marco:** La profundidad del marco completo debe medirse con una aproximación de 1 mm.

**Ángulo apertura:** El ángulo de apertura debe medirse con una aproximación de 5°.

**Seguridad infantil:** La resistencia de las tapas o rejillas para ser retiradas por niños debe ensayarse y declararse como:

1. Masa suficiente, o
2. Fuerza de separación suficiente.

**Evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP)**

La evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones debe realizarse de acuerdo con EN 124-2, EN 124-3, EN 124-4, EN 124-5 y EN 124-6 como corresponda para los dispositivos de cierre y de cubrimiento fabricados de los materiales especificados en dichas normas.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción

En el presente trabajo se caracterizarán los diseños actuales de los dispositivos a través de los informes de resultados de ensayos mecánicos (flecha residual y carga total) realizados en el laboratorio de ensayos del Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN y propiedades físicas (masa, área, volumen) obtenidas del programa de diseño de productos de Autodesk, Inventor. Se estudiarán nuevas alternativas buscando mejorar las propiedades de resistencia y rigidez mecánica de los dispositivos en hierro nodular, reduciendo las propiedades físicas para mejorar los costos de fabricación. Se simularán las alternativas propuestas en el software de análisis por elementos finitos de Autodesk, Inventor Nastran, para orientar la intensión de diseño y crear mejores productos, luego se analizarán los resultados obtenidos de la simulación. Se fabricará un modelo para fundición, molde, y pieza final para la comprobación de propiedades mecánicas en banco de pruebas del laboratorio de ensayos del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.

### 2.2 Materiales y equipos

#### Materiales

Los materiales utilizados para la fabricación de los dispositivos, es hierro dúctil 80-55-06, se pueden observar en la **Tabla 6**.

**Tabla 6** Materiales de Carga del Horno Hierro Dúctil. (Fuente: Propia)

N	Material	Descripción	Cantidad	Imagen
1	Chatarra de Acero Cold Rolled	La materia prima que se utiliza para la fabricación de los dispositivos de cubrimiento y de cierre es chatarra de acero cold rolled la cual resulta del proceso de laminación en frío donde se obtienen espesores delgados, se utiliza en las siguientes industrias: automotriz, metalmecánica, agrícola, naval, construcción y estructural.	41.75%	
2	Retornos de Hierro Dúctil	Los retornos de hierro dúctil están compuestos por los componentes de las piezas fundidas necesarias para su obtención pero que no son útiles en el producto final como el sistema de colada y alimentación.	53.46%	
3	Grafito	Es un carburante que se presenta como grafito natural cristalino de alto rendimiento para el hierro fundido, producido en varios perfiles granulométricos y con diferentes concentraciones de carbono.	2.25%	

4	Ferro Silicio FeSi % 75	Es un inoculante que sirve para controlar la estructura y las propiedades de la fundición de hierro a través del aumento de núcleos de cristalización que ayudan la formación de grafito nodular.	0.33%	
5	Ferro Manganeso con alto contenido de Carbono FeMn HC	Su principal función es ser un elemento aleante que refina la perlita e incrementa la dureza y resistencia de la ferrita. Es 5 veces mejor que el Cromo para formar perlita. El tiempo requerido para una transformación ferrítica es incrementado por la presencia de Cromo.	0.21%	
6	Ferro Silicio Magnesio FeSiMg L10	Es un nodulizante que causan la transformación del grafito laminar en esferoidal o vermicular aumentando la resistencia mecánica, la elongación y la resiliencia del material, en la mezcla, este actúa como desoxidante y desulfurante, alterando la formación del grafito y promoviendo la formación de carburos.	1.75%	
7	Inoculante IM22	Permite controlar la estructura y las propiedades de la fundición de hierro a través del aumento de núcleos de cristalización que benefician la formación de grafito nodular.	0.25%	
8	Ferrux 707 E	Evita la solidificación prematura de la superficie del metal en los canales de alimentación manteniéndolo líquido por más tiempo y permitiendo la acción de la presión atmosférica.	-	
9	Slax 35	Previene la adherencia y acumulación de escorias en cucharas; colada; mantenimiento y también en hornos de inducción y de crisol. Ayuda a reducir la cantidad de inclusiones de escoria en las piezas.	-	
			100.00%	

## Equipos

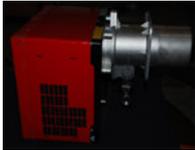
Los equipos utilizados para el diseño, desarrollo y fabricación de los dispositivos, se pueden observar en la **Tabla 7**.

**Tabla 7** Equipos utilizados para la fabricación y verificación de tapas y rejillas.

(Fuente: Propia)

N	Proceso	Equipos	Imagen
1	Diseño y Desarrollo	Autodesk Inventor Profesional 2020	
		Impresora 3D Creality Ender 5 Plus	

		Pie de rey Starrett EC799 A-8/300 digital, rango: 300 mm, resolución: 0.01 mm	
		Goniómetro de ajuste fino y lupa, lectura sin paralaje, escala chrome mate, resolución: 5', rango: 4x90°	
		Flexómetro con cinta métrica metálica auto-enrollable, resolución 1mm, rango 5 m	
		Regla metálica, resolución 0.01 mm, rango 1m	
2	Retazos metálicos	Compactadora	
		Espectrómetro	
		Puente Grúa	
3	Moldeo	Equipo de pintura de moldes	
		Mesa vibradora	
		Mezclador de arena	
		Transportador de rodillos	

4	Fusión	Horno de Inducción MM2000	
		Horno de inducción MM1000	
		Controlador Pacer II	
		Torre de enfriamiento	
5	Colado	Cuchara	
		Quemador de Gas	
6	Regeneración de arena	Enfriador de Arena	
		Recuperador de Arena	
		Recipiente presurizado PV3	
		Silos	
7	Separación de pieza negra	Amoladora	

		Cortadora de Plasma	
8	Limpieza de superficie	Equipo de sandblasting	
9	Complementarios	Soldadora MIG	
		Compresor	
10	Ensayos de Laboratorio	Máquina Universal de Ensayos INEN	
		Balanza	
		Reloj Comparador	
		Cronómetro	

### 2.3 Caracterización de los dispositivos comercializados en la actualidad

Los datos de la caracterización de los dispositivos comercializados en la actualidad por la empresa FUNDIRECICLAR S.A. han sido obtenidos de los informes de resultados emitidos por el laboratorio de ensayos del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN (Flecha residual, Soporte de Carga Total), las propiedades físicas (Masa, Área, Volumen) de los modelos 3D en el software de Autodesk Inventor, los pesos del catálogo de productos de FUNDIRECICLAR S.A. Tapas para uso en pozos y Rejillas, y se pueden observar en la **Tabla 8**.

**Tabla 8** Caracterización de los Dispositivos Comercializados por FUNDIRECICLAR S.A.

(Fuente: Propia)

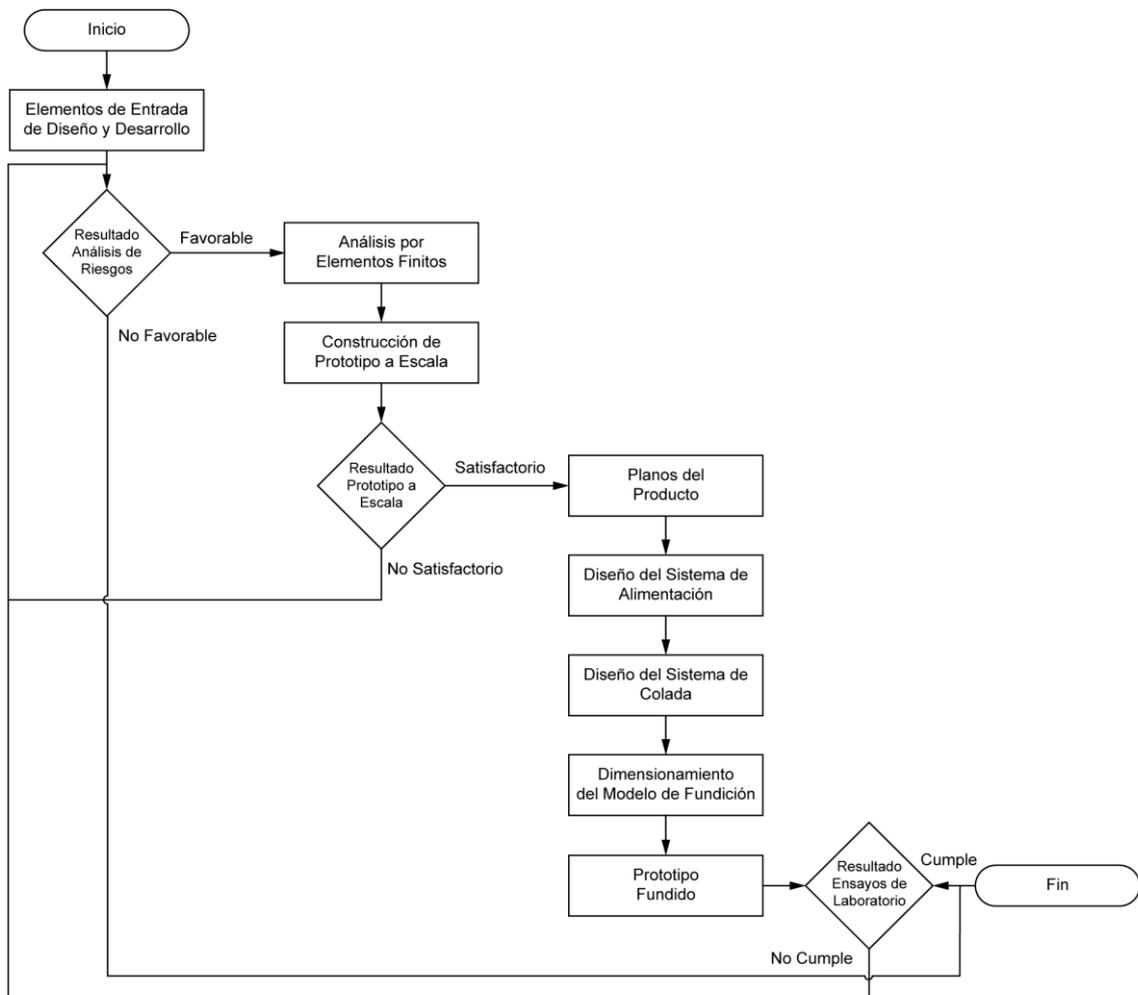
Ítem	Descripción	Cota de Paso [mm]	Ensayos Mecánicos INEN					Propiedades Físicas			Peso Catálogo [kg]	
			Flecha Residual [mm]			Carga Total		Peso [kg]	Masa [kg]	Área [mm <sup>2</sup> ]		Volumen [mm <sup>3</sup> ]
			Requisito 2496	Requisito EN-124	Resultado	Requisito [kN]	Resultado					
1	Conjunto Tapa 1500x750 C400	745	7.45	2.48	2.58	400	NPF	ND	253.36	6433380.59	35433847.8	280.00
2	Conjunto Tapa D700 C400	720	7.20	2.4	1.21	400	NPF	ND	76.65	24498799.97	10718273.2	80.00
3	Conjunto Tapa D600 C400	623	6.23	2.07	2.15	400	NPF	70.10	60.06	1852200.34	8399995.15	64.00
4	Conjunto Tapa D600 B250	619	6.19	2.06	2.44	250	NPF	ND	56.77	2022232.78	8215020.62	57.00
5	Conjunto Tapa 1500x750 A125	745	7.45	7.45	<0.40	125	NPF	ND	ND	ND	ND	175.00
6	Conjunto Tapa D700 A125	724	7.24	7.24	4.73	125	NPF	ND	51.76	1631650.16	7247652.60	58.00
7	Conjunto Tapa D600 A125	625	6.25	6.25	4.85	125	NPF	39.58	41.69	1330821.57	5829596.64	42.00
8	Conjunto Tapa D500 A125	600	6.00	6.00	3.39	125	NPF	ND	ND	ND	ND	23.00
9	Conjunto Tapa 400x400 A125	400	8.00	8.00	0.28	125	NPF	ND	25.42	865298.30	3580857.77	20.00
10	Rejilla 1000x600 C400	603	6.03	2.01	0.88	400	NPF	61.70	41.69	1345819.74	5863378.11	63.00
11	Conjunto Rejilla D600 C400	623	6.23	2.07	-	400	NPF	ND	70.00	1822563.83	9789843.29	72.00
12	Conjunto Rejilla 500x360 B250	347	6.94	6.50	2.29	250	NPF	ND	39.02	1231552.06	5466361.48	42.00
13	Conjunto Rejilla 600x300 B250	270	5.40	5.40	2.51	250	NPF	ND	30.69	1017562.47	4300695.55	32.00

**NPF:** No Presenta Fisuras  
**ND:** No hay Dato

## 2.4 Diseño del Nuevo Dispositivo

### Descripción

El Diseño y Desarrollo se realiza de acuerdo con el Diagrama de flujo que se puede observar en la **Figura 10**.



**Figura 10** Diagrama de Flujo de Diseño y Desarrollo. (Fuente: Propia)

### Procedimiento

A continuación, se detallan los pasos a seguir durante el proceso de Diseño y Desarrollo de los dispositivos.

**Elementos de Entrada de Diseño y Desarrollo:** Se determinan los requisitos esenciales para diseñar y desarrollar los productos, los cuales se pueden observar en la **Tabla 9**.

**Tabla 9** Requisitos esenciales – Elementos de Entrada de Diseño y Desarrollo.

(Fuente: Propia)

<b>Descripción</b>	<b>Requisito</b>
Norma del Material	NTE INEN 2499 / Hierro dúctil 80-55-06
Norma del Producto	NTE INEN EN-124-1:2019 / NTE INE 2496
Requisitos Funcionales y de desempeño	Carga de Ensayo 250 [kN]
Reglamentos o leyes a cumplir	RTE INEN 062
Información de diseños previos similares	Tabla 8

**Análisis de Riesgos:** Se consideran las consecuencias potenciales de fallar debido a la naturaleza de los productos, la Matriz de riesgos de Diseño y Desarrollo se puede observar en el **ANEXO I**.

**Análisis por Elementos Finitos:** Consiste en la realización de actividades de comprobación para garantizar que las salidas del diseño y desarrollo cumplan los requisitos establecidos en las entradas.

**Prototipo a Escala:** Consiste en la realización de actividades de validación que garanticen que los productos resultantes satisfacen los requisitos para la aplicación especificada, los prototipos a escala se pueden observar en el **ANEXO II**.

**Planos del Producto:** Planos en los que se definen detalladamente las características geométricas, tolerancias, material y acabados de los productos para que puedan ser fabricados. Los planos de los dispositivos son propiedad de FUNDIRECICLAR S.A. y son de carácter confidencial por lo que no se presentan en este trabajo.

**Diseño de Sistema de Alimentación:** Es el encargado de promover una solidificación direccional para contrarrestar la contracción del metal durante su solidificación. Según Society, 2011:

“En el abastecimiento del metal de alimentación durante el periodo de solidificación de la pieza están implicadas más de una de las siguientes variables:

1. Forma de la mazarota o alimentador.
2. Tamaño de la mazarota en función de la forma de la pieza.
3. Localización de la mazarota.
4. Agrupamiento de las piezas vaciadas.
5. Conexión de la mazarota a la pieza vaciada.
6. Uso de enfriadores.

7. Uso de ayudas de mazarota.
8. Condiciones especiales desarrolladas en la unión de las secciones”.

**Diseño de Sistema de Colada:** Consiste en el conjunto completo de postes, distribuidores, canales de entrada y cavidades de vaciado individual en el molde.

**Dimensionamiento del Modelo de Fundición:** Permite elegir el espesor de pared que va a tener el molde en función del Sistema de Alimentación, los modelos de los nuevos dispositivos se pueden observar en el **ANEXO III**.

**Prototipo Fundido:** Se procede a la fabricación del producto para que pueda ser validado en los laboratorios del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. Los prototipos fundidos se pueden observar en el **ANEXO IV**.

## **2.5 Análisis por elementos finitos**

Se trata de un método de simulación numérica que esta englobado dentro de un proceso macro de creación de productos (prueba y validación), es muy importante dentro de la creación de prototipos digitales, los cuales permiten explorar ideas antes de fabricarlas, y llevar productos de calidad con mayor rapidez porque se optimizan los tiempos. La simulación de prototipos digitales permite:

1. Explorar opciones al principio del proceso de diseño.
2. Pronosticar la utilidad del producto antes de crear y probar prototipos reales.
3. Validar diseños de productos para conocer su comportamiento bajo condiciones de trabajo.

El Análisis por elementos finitos agrega un valor sustancial al proceso de diseño porque da información importante como los esfuerzos y deformaciones que permiten orientar la intensión de diseño y ayudan a crear mejores productos, algunos de sus beneficios son:

1. Predecir el rendimiento.
2. Predecir posibles fallas.
3. Evaluar y corregir fallas observadas.
4. Mejorar el rendimiento y la seguridad.
5. Mejorar el costo.
6. Desarrollar conceptos nuevos e innovadores.
7. Guiar el proceso de modelado por objetivos.

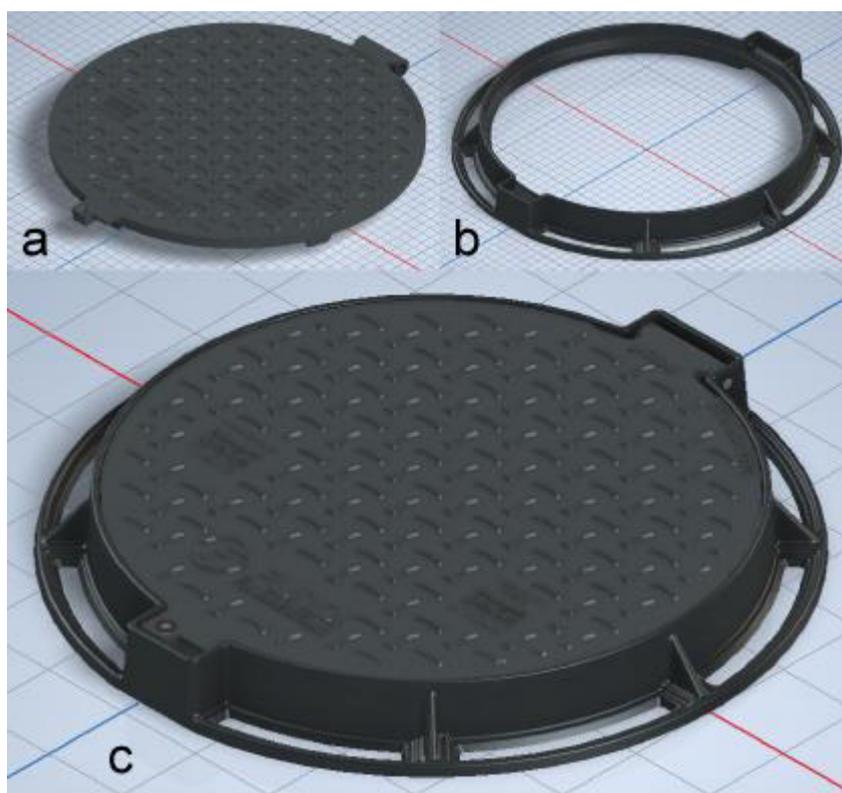
Para la realización de este trabajo se utiliza el programa de pre y post-procesado de análisis por elementos finitos Autodesk Inventor Nastran, el cual permite predecir un comportamiento físico de una parte o ensamble y ofrece la solución por simulación virtual de estructuras.

### Proceso de Análisis por Elementos Finitos

A continuación, se presenta el proceso de Análisis por Elementos Finitos, para el Dispositivo Conjunto Tapa D600 C250.

### Creación de la geometría

La geometría fue creada en el programa de diseño de productos de Autodesk, Inventor, la cual se puede observar en la **Figura 11**.



**Figura 11** Modelo 3D Conjunto Tapa D600 C250, a) Tapa, b) Cerco, c) Conjunto.

(Fuente: Propia)

### Asignación de propiedades del material

El material a utilizarse es hierro dúctil Grado 80-55-06, el cual consiste en un hierro fundido nodular con grafito tipo I y II, en una matriz perlítica/ferrítica, que proporciona excelentes propiedades mecánicas, buen acabado superficial y buena templabilidad, y se emplea

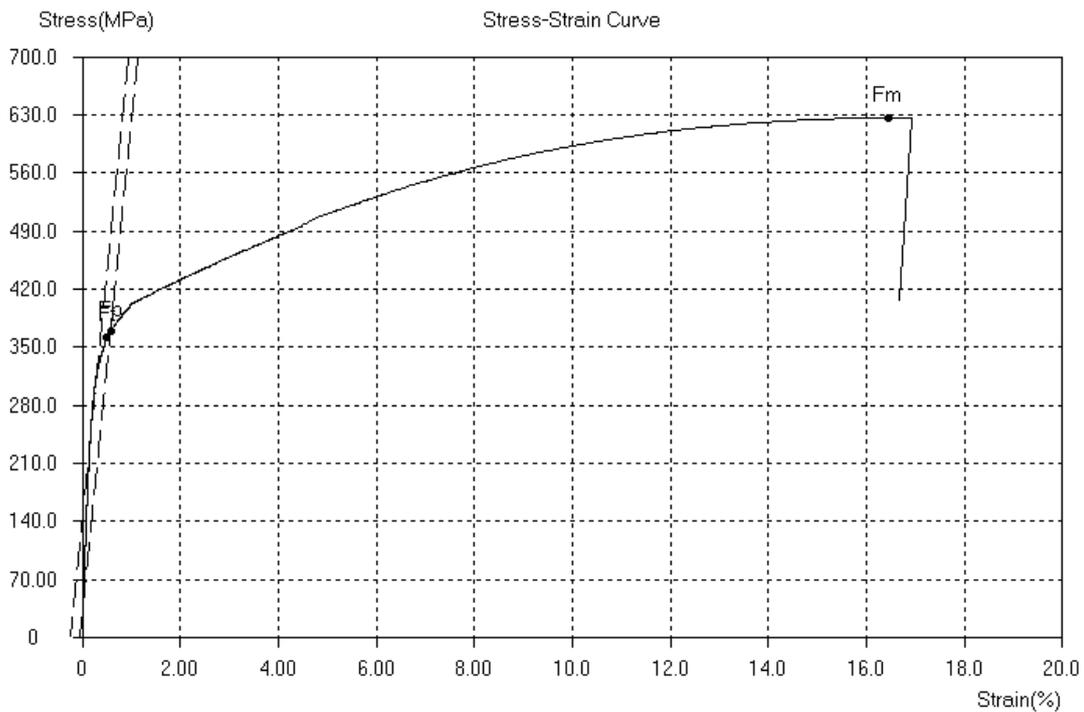
mayormente en piezas que requieren alta resistencia a la tracción y al desgaste, sus propiedades se pueden observar en la **Tabla 10** y en la **Figura 12**.

**Tabla 10** Propiedades del Hierro Dúctil 80-55-06. (Fuente: Propia)

Características	
Tipo	Isotrópico
Comportamiento	lineal, plástico
Propiedades	
Resistencia a la tensión	5608 kg/cm <sup>2</sup>
Elongación	0.06
Dureza Brinell	217-269
Límite de fluidez	3875 kg/cm <sup>2</sup>

### TENSILE TEST REPORT

Customer	FUNDIRECICLAR S.A	TestDate	11/30/2021
Coil No/Package No	A029-27-21	Type	Circle
Size(mm)	12.79	So(mm <sup>2</sup> )	128.48
Lo(mm)	50	Lu(mm)	56.82
A(%)	13.5	Fm(kN)	80.47
Rm(MPa)	626	Fp(kN)	47.37
Rp(MPa)	369	Ft(kN)	46.47
Rt(MPa)	362	E(GPa)	60



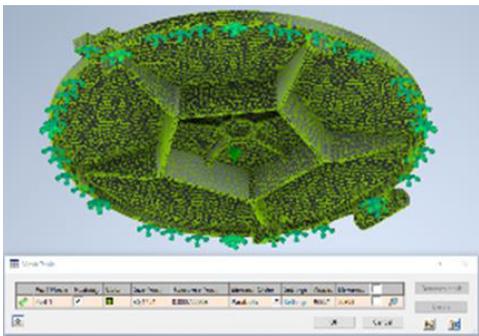
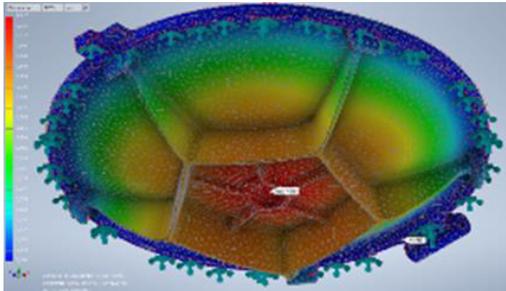
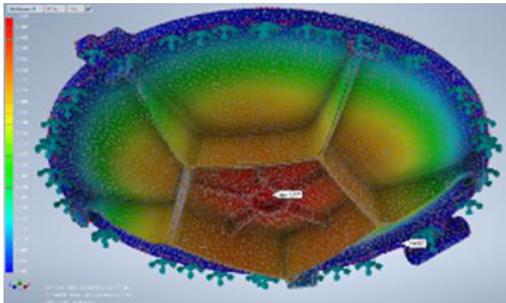
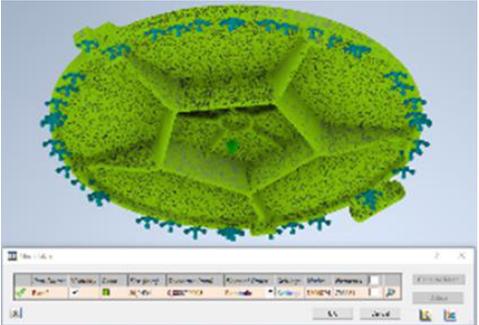
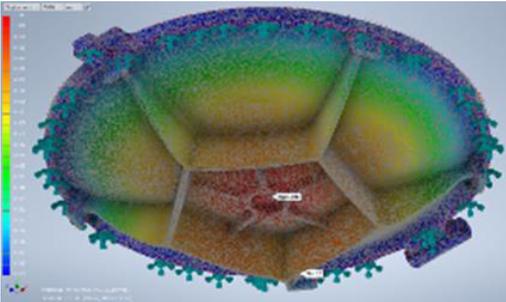
**Figura 12** Curva Esfuerzo vs Deformación Hierro Dúctil 80-55-06 FUNDIRECICLAR.

(Fuente: Laboratorio FUNDIRECICLAR S.A.)

## Creación de la malla

Al momento de crear la malla se considera que no todas las mallas son ideales, si la malla es muy gruesa el modelo será demasiado rígido, por lo que los esfuerzos locales serán los más afectados. Para garantizar un cálculo adecuado se utiliza convergencia, que consiste en el proceso de reducción del tamaño del elemento minimizando cualquier error potencial. Para los elementos se prefieren tetraedros sólidos parabólicos ya que los tetraedros sólidos lineales se comportan con demasiada rigidez, los resultados del análisis de independencia de malla del Conjunto Tapa D600 C250 se puede ver en la **Tabla 11**.

**Tabla 11** Análisis de independencia de malla. (Fuente: Propia)

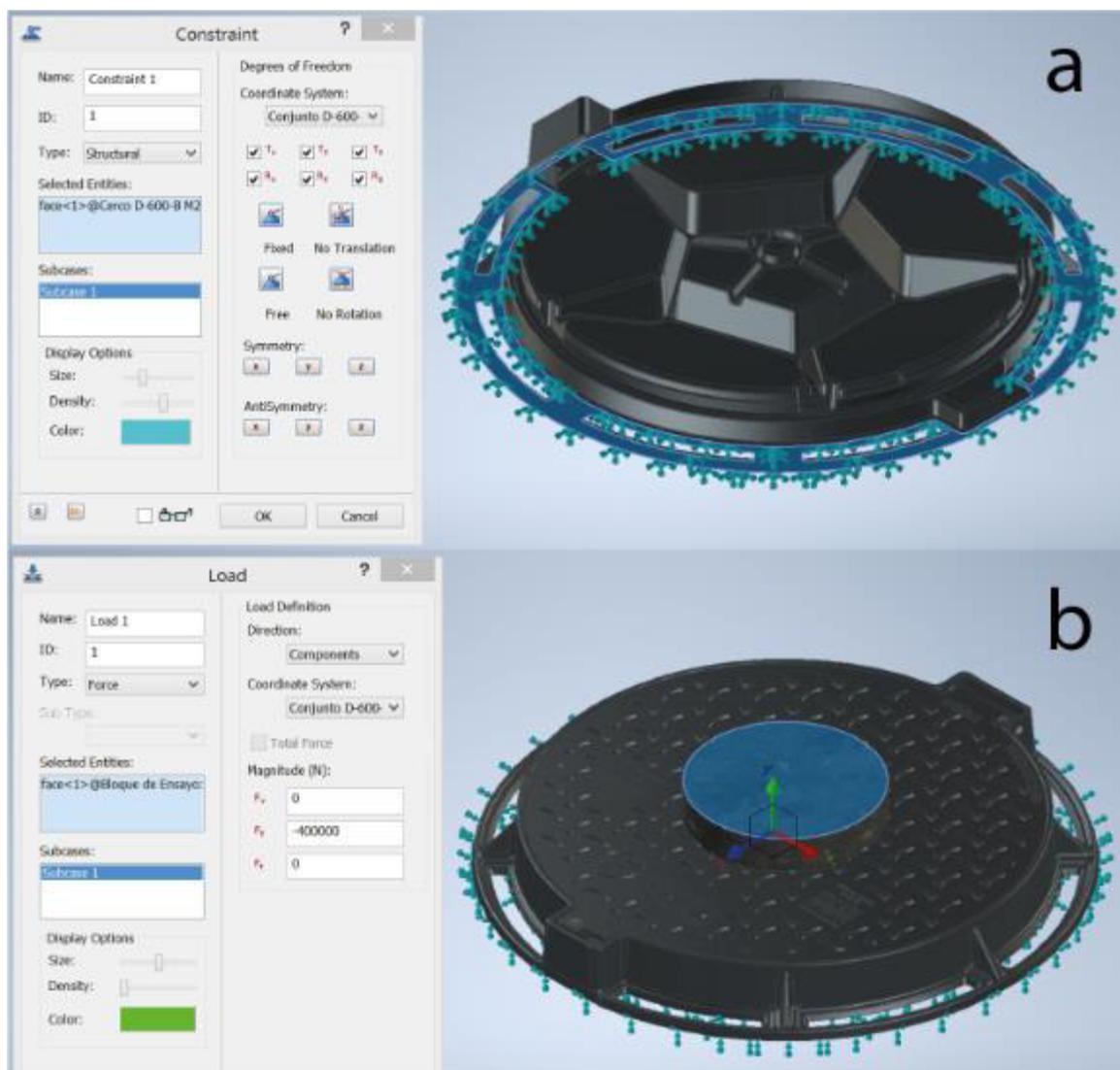
Caso de estudio	Número de Nodos	Desplazamiento Máximo
Malla media	93321	1.017
		
Malla gruesa	137973	1.027
		
Malla fina	1206074	1.043
		

## Condiciones de borde y aplicación de cargas

Al momento de aplicar las cargas se debe seleccionar la física correcta para que el análisis sea exitoso y preciso, por lo que se debe considerar lo siguiente:

**Condiciones de Borde:** Son desplazamientos y sitios donde se aplican fuerzas. Aquí se tienen condiciones de borde por restricción, el programa de elementos finitos encuentra el equilibrio interno de las ecuaciones y compatibiliza las cargas y restricciones de movimiento.

En la **Figura 13** se puede observar las condiciones de borde aplicadas al dispositivo de acuerdo con su forma de instalación bajo condiciones de trabajo normales.

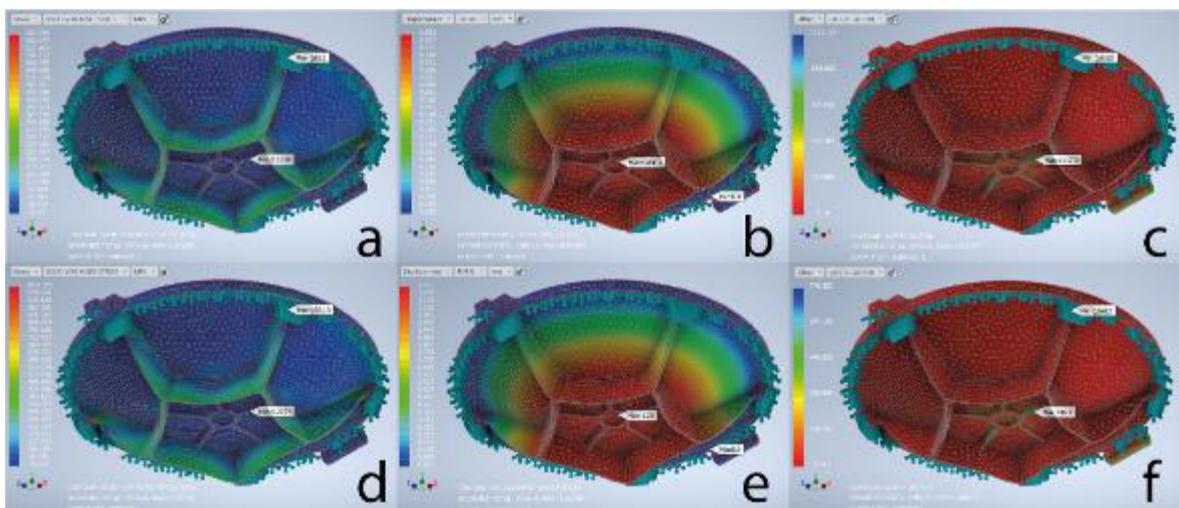


**Figura 13** Condiciones de borde Conjunto Tapa D600 C250, a) Restricciones, b) Carga.

(Fuente: Propia)

**Análisis estático lineal:** Permite determinar esfuerzos, deformación unitaria y deflexión lineal como resultado de aplicar cargas estáticas y condiciones de borde externas, presenta una gran cantidad de hipótesis, donde se asume que las deformaciones y las rotaciones son muy pequeñas, los apoyos no ceden, hay linealidad entre cada uno de los estados, los materiales permanecen lineales (el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación), las cargas en su magnitud, orientación y distribución permanecen constantes a medida que la estructura se deforma (los resultados no dependen del tiempo). Siempre es recomendable empezar por un análisis estático lineal para luego establecer las bases de un análisis más complejo.

En la **Figura 14** se puede observar los gráficos de contorno de los resultados obtenidos del análisis estático lineal.



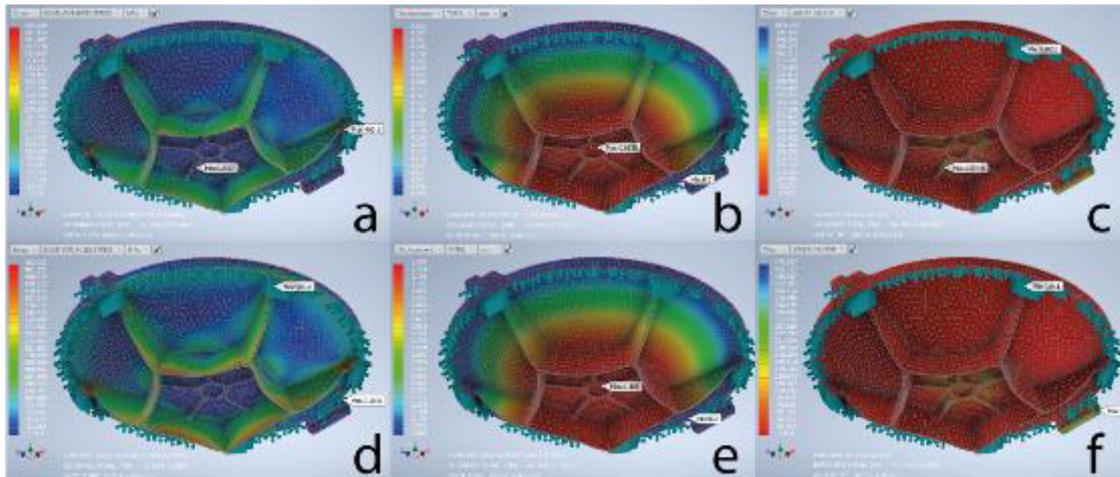
**Figura 14** Análisis estático lineal Conjunto Tapa D600 C250.

a) Esfuerzo de Von Mises 167 kN, b) Desplazamiento 167 kN, c) Factor de Seguridad 167 kN, d) Esfuerzo de Von Mises 250 kN, e) Desplazamiento 250 kN, f) Factor de Seguridad 250 kN.

(Fuente: Propia)

**Análisis estático no-lineal:** Permite agregar más realismo a la simulación con pares de contacto, elasticidad no-lineal, materiales plásticos y grandes deformaciones, computa soluciones no-lineales avanzadas como grandes desplazamientos, rotaciones, deformaciones unitarias, efectos de plasticidad, hiperelasticidad y fluencia.

En la **Figura 15** se puede observar los gráficos de contorno de los resultados obtenidos del análisis estático no-lineal con un material elasto-plástico (bi-lineal).



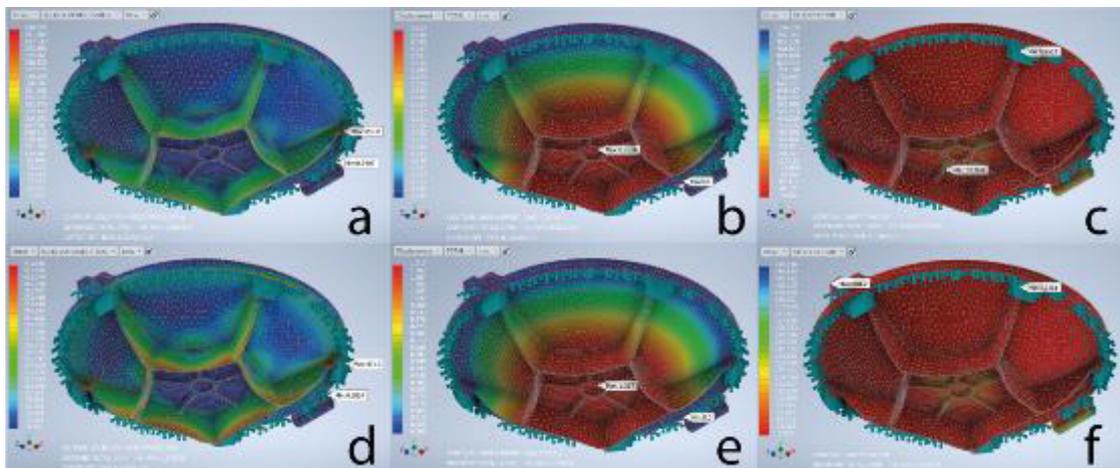
**Figura 15** Análisis estático no-lineal, material elasto-plástico (Bi-Llineal) Conjunto Tapa D600 C250.

- a) Esfuerzo de Von Mises 167 kN, b) Desplazamiento 167 kN, c) Factor de Seguridad 167 kN,
- d) Esfuerzo de Von Mises 250 kN, e) Desplazamiento 250 kN, f) Factor de Seguridad 250 kN.

(Fuente: Propia)

En un análisis no-lineal la relación entre esfuerzo y deformación no es constante, por lo que se asumen varias matrices de rigidez tangentes en varios puntos para realizar una solución iterativa y la carga se aplica a través de un vector incremental, para linealizar el problema, lo que se conoce como el método de Newton-Raphson.

En la **Figura 16** se puede observar los resultados obtenidos del análisis estático no-lineal con un material Plástico.



**Figura 16** Análisis estático no-lineal, material Plástico Conjunto Tapa D600 C250.

- a) Esfuerzo de Von Mises 167 kN, b) Desplazamiento 167 kN, c) Factor de Seguridad 167 kN,
- d) Esfuerzo de Von Mises 250 kN, e) Desplazamiento 250 kN, f) Factor de Seguridad 250 kN.

(Fuente: Propia)

## Resultados

La habilidad principal para el éxito de un análisis por elementos finitos es el criterio de ingeniería, todas las entradas de simulación pueden cuantificarse adecuadamente.

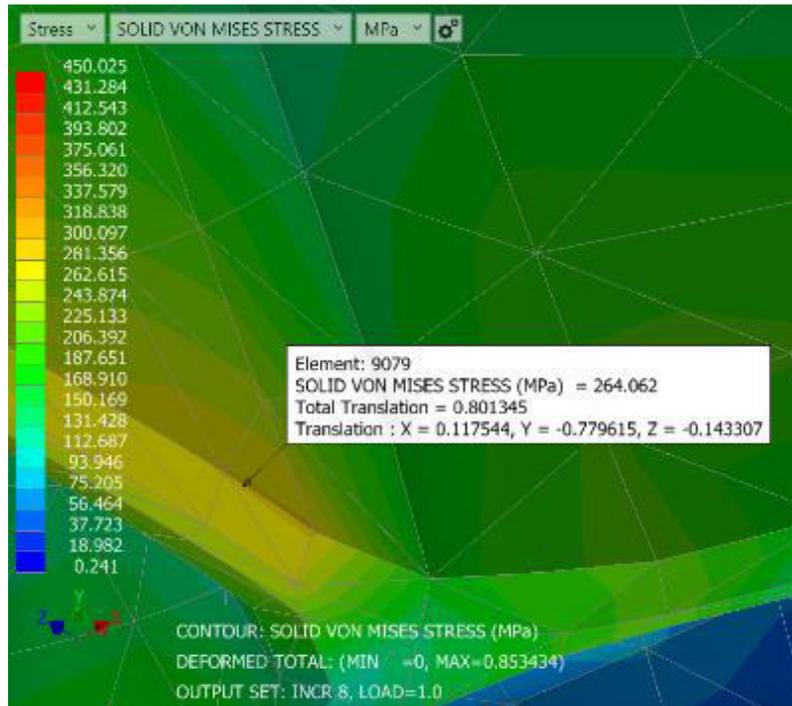
En la **Tabla 12** se presenta los resultados del análisis por elementos finitos realizado al conjunto D600 C250.

**Tabla 12** Resultados Análisis por Elementos Finitos Conjunto Tapa D600 C250.

(Fuente: Propia)

Especificación	Análisis Estático Lineal			Análisis Estático No-Lineal Elasto-Plástico			Análisis Estático No-Lineal Plástico		
	Esfuerzo [MPa]	Desplazamiento [mm]	Factor de Seguridad	Esfuerzo [MPa]	Desplazamiento [mm]	Factor de Seguridad	Esfuerzo [MPa]	Desplazamiento [mm]	Factor de Seguridad
Mínimo (167 kN)	0.19	0.00	0.81	0.24	0.00	0.91	0.24	0.00	0.95
Máximo (167 kN)	682.09	0.84	1117.20	460.28	0.85	1034.47	450.03	0.85	1038.58
Mínimo (250 kN)	0.28	0.00	0.54	0.38	0.00	0.81	0.38	0.00	0.93
Máximo (250 kN)	1021.20	1.26	746.35	502.02	1.31	475.30	471.65	1.32	490.22

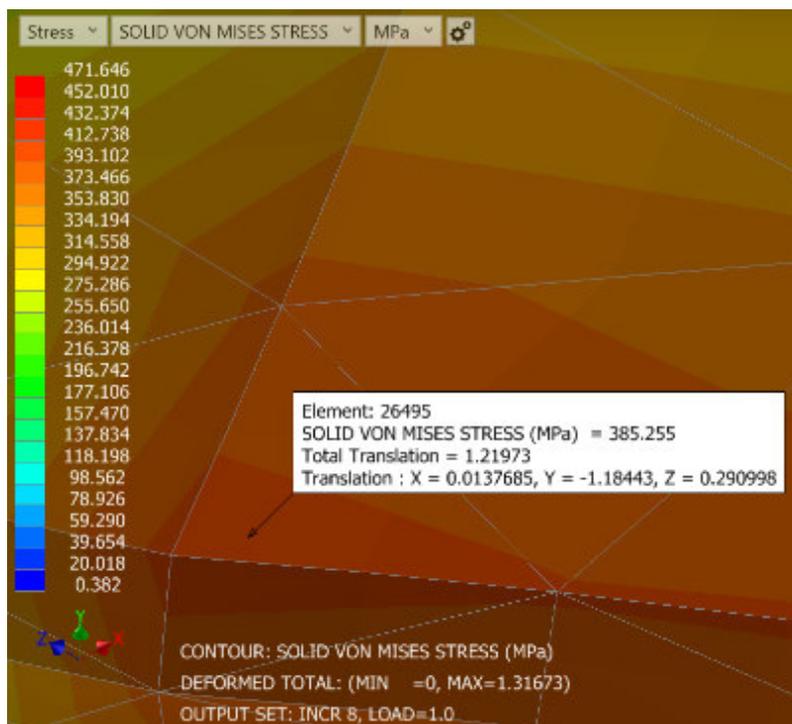
En el análisis de flecha residual se aplica 2/3 de la carga total, que en los dispositivos de clase C250 equivale a un valor aproximado de 167 kN, en el análisis estático lineal se observa que el esfuerzo máximo a 167 kN supera el punto de fluencia que es aproximadamente 379 MPa, lo que indica que es necesario realizar un análisis estático no lineal, este puede realizarse para un material elasto-plástico (bi-lineal) o plástico, luego de realizar el análisis en las dos condiciones se obtienen los siguientes resultados 460.28 MPa y 450.03 MPa respectivamente como se puede ver en la **Tabla 12**, que superan el punto de fluencia, pero se encuentran localizados en una zona en la cual el dispositivo trabaja a compresión por lo que no afectara a su desempeño, al colocar una sonda el punto crítico del dispositivo se observa un esfuerzo de 264.062 MPa, como se puede ver en la **Figura 17**, lo que indica que el dispositivo trabaja en la zona elástica, por lo que en el ensayo de flecha residual se debería obtener un valor con tendencia a cero.



**Figura 17** Esfuerzo localizado en el punto crítico del conjunto D600 C250.

(Fuente: Propia)

En la **Figura 18** se puede ver el esfuerzo al aplicar la carga total de 250 kN, el cual supera límite de fluencia de 379 MPa, por lo que la deformación será permanente, pero no se producirán fisuras.



**Figura 18** Esfuerzo localizado en el punto crítico del conjunto a 250 kN D600 C250.

(Fuente: Propia)

## **2.6 Ensayos según norma NTE INEN-EN 124-1, 2019**

### **Ensayo de flecha residual**

Se realiza de acuerdo con el Anexo A (Normativo) de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, por medio de la cual se determina lo siguiente:

1. Muestras de ensayo
2. Carga de ensayo de la flecha residual, (Fp)
3. Equipo
  - 3.1. Máquina de ensayo
  - 3.2. Bloques de ensayo
  - 3.3. Dispositivo(s) de medición
4. Procedimiento
  - 4.1. Procedimiento para el ensayo de tapas/rejillas rectangulares y circulares
  - 4.2. Procedimiento para el ensayo de tapas/rejillas triangulares.

### **Ensayo de Capacidad de soporte de carga**

Se realiza de acuerdo con el Anexo B (Normativo) de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, por medio de la cual se determina lo siguiente:

1. Muestras de ensayo
2. Carga de ensayo (F<sub>T</sub>)
3. Procedimiento del ensayo
4. Informe del ensayo

### **Ensayo para determinar el valor de resistencia al derrape de tapas del dispositivo de cierre no pulidas (USRV)**

Se realiza de acuerdo al Anexo C (Normativo) de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, por medio de la cual se determina lo siguiente:

1. Generalidades
2. Equipo
3. Calibración del equipo de ensayo de fricción del péndulo
4. Selección de las muestras de ensayo

## 5. Procedimiento de ensayo

### 5.1. Validación y acondicionamiento del equipo de ensayo del péndulo

### 5.2. Procedimiento para determinar el USRV

#### 5.2.1. Preparación de la muestra

#### 5.2.2. Colocación de las áreas de ensayo

#### 5.2.3. Ajustes

#### 5.2.4. Comprobación de la distancia de golpeo

#### 5.2.5. Medición de valor de cada probeta

### **Ensayo de inclinación**

Se realiza de acuerdo con el Anexo D (Normativo) de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, por medio de la cual se determina lo siguiente:

1. Generalidades
2. Procedimiento de ensayo

### **Ensayo de aseguramiento de las tapas/rejillas en el marco**

Se realiza de acuerdo con el Anexo E (Normativo) de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1; 2019 07, por medio de la cual se determina lo siguiente:

1. Generalidades
2. Procedimiento de ensayo de separación vertical
  - 2.1. Preparación de ensayo
  - 2.2. Disposiciones de ensayo
  - 2.3. Determinación del desplazamiento vertical máximo permitido,  $h$
  - 2.4. Determinación de la fuerza de separación máxima,  $F_v$ 
    - 2.4.1. Tapa individual
    - 2.4.2. Tapas múltiples
  - 2.5. Aplicación de la fuerza vertical de separación,  $F_v$
  - 2.6. Medición del desplazamiento vertical  $h$  y de la fuerza de separación,  $F_v$
  - 2.7. Declaración de los resultados.

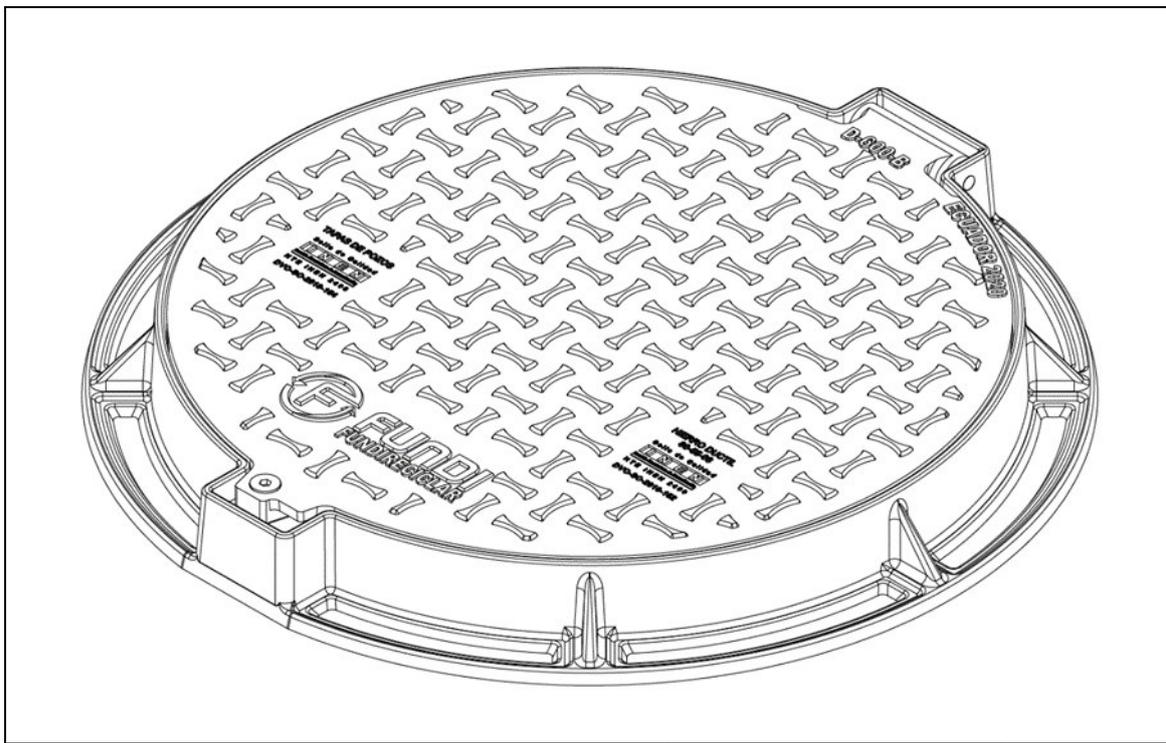
### 3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

En la **Tabla 13** se puede evidenciar como ejemplo la evaluación del cumplimiento de los requisitos de diseño del Conjunto Tapa D600 C250.

Los resultados fueron tomados del informe técnico de auditoría a la calidad del producto tapas para uso en pozos y redes subterráneas de la Dirección de Validación y Certificación del Servicio de Normalización Ecuatoriano INEN, donde se muestra el cumplimiento de los principios generales de diseño y requisitos de comportamiento normativos descritos en el marco teórico del presente trabajo.

**Tabla 13** Evaluación de Requisitos Conjunto Tapa D600 C250. (Fuente: Propia)



Característica	Requisito NTE INEN EN 124	Modelo Virtual	Resultado INEN	Evaluación
Material	Hierro fundido con grafito esferoidal (nodular)	Hierro Dúctil 80-55-06	Hierro Dúctil 80-55-06	Cumple
Abertura de paso [mm]	La abertura de tapa debe ser completamente libre de obstáculos y tener un diámetro mínimo de 600 mm	610	604	Cumple
Holgura total (a) [mm]	La holgura total, Figura 3, Tabla 4 CP: 601 mm, CP> 400 mm Holgura máx. 7 mm	4.00	3.31	Cumple
Área de apoyo del cerco [MPa]	El área de apoyo del cerco debe ser diseñada para ejercer una presión sobre el pavimento de 7,5 MPa	3.16	3.16	Cumple
Angulo de abertura [°]	Angulo mínimo de 100	110	110	Cumple

Peso [kg]	La tolerancia del peso podrá ser máximo $\pm 2\%$ (kg). Peso declarado: 48,3 kg	47.30	48.10	Cumple
Deformación Permanente [mm]	La deformación permanente de la tapa debe ser medida con una exactitud de 0,1 mm: 1/300 CP, CP=máx. 2,01	0.00	<0.40	Cumple
Comportamiento a carga total	El comportamiento de las tapas no deberá presentar grietas.	No presenta fisuras	No presenta fisuras	Cumple
Nivel de relieve (Nr) [mm]	Las tapas con superficie exterior que no sea plana y que tengan un alto relieve deben cumplir con las especificaciones establecidas, mínimo 2 y máximo 6	3.00	3.26	Cumple
Relieve (r) [%]	La superficie del dibujo en relieve no será menor que el 10% ni superior al 70% de la superficie superior total	17.00	19.60	Cumple
Aseguramiento	Si el aseguramiento se alcanza mediante un dispositivo de seguridad o una característica de diseño específica.	Perno como dispositivo de seguridad	Perno como dispositivo de seguridad	Cumple
Desbloqueo, apertura y cierre	Debe realizarse el desbloqueo, apertura y cierre de las tapas y rejillas sobre su cerco un mínimo 3 veces.	Desbloqueo, apertura y cierre de las tapas	Desbloqueo, apertura y cierre de las tapas	Cumple

En la **Tabla 14** se puede observar los datos de la caracterización de los nuevos dispositivos comercializados por la empresa FUNDIRECICLAR S.A. han sido obtenidos de los informes de resultados emitidos por el laboratorio de ensayos del Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN (Flecha residual, Soporte de Carga Total), las propiedades físicas (Masa, Área, Volumen) de los modelos 3D en el software de Autodesk Inventor, los pesos del catálogo de productos de FUNDIRECICLAR S.A. Tapas para uso en pozos y Rejillas.

**Tabla 14** Caracterización de Dispositivos Nuevos FUNDIRECICLAR S.A.

(Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Cota de Paso [mm]	Ensayos Mecánicos INEN						Propiedades Físicas			Peso Catálogo [kg]
			Flecha Residual [mm]			Carga Total			Masa [kg]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	
			Requisito 2496	Requisito EN-124	Resultado	Requisito [kN]	Resultado	Peso [kg]				
1	Conjunto Tapa 1500x750 C400	756	7.56	2.52	3.39	400	NPF	ND	234.16	6863063.34	33053411.3	240.00
2	Conjunto Tapa 700x700 C400	708	7.08	2.36	0.82	400	NPF	ND	91.65	3061291.95	13142320.80	92.00
3	Conjunto Tapa D700 C400	DD	DD	DD	DD	400	DD	DD	DD	DD	DD	DD
4	Conjunto Tapa D600 C400	606	6.06	2.02	1.92	400	NPF	52.29	54.46	1897184.22	7616048.01	54.00
5	Conjunto Tapa 400x400 C400	400	8.01	1.33	2.84	400	NPF	ND	38.66	1488073.70	5594193.75	40.00
6	Conjunto Tapa D600 B250	603	6.03	2.01	<0.40	250	NPF	47.10	47.65	1550189.35	6662544.96	47.00

7	Conjunto Tapa 400x400 B250	404	8.09	1.35	1.38	250	NPF	26.50	29.92	998913.19	4185214.13	30.00
8	Conjunto Tapa 1500x750 A125	745	7.45	7.45	2.55	125	NPF	ND	173.05	5240289.88	24719050.2	190.00
9	Conjunto Tapa D700 A125	DD	DD	DD	DD	125	DD	DD	DD	DD	DD	DD
10	Conjunto Tapa D600 A125	603	6.03	6.03	3.37	125	NPF	38.50	34.46	1399216.66	5058115.53	36.00
11	Conjunto Tapa D500 A125	506	5.06	5.06	2.88	125	NPF	25.50	29.49	1102395.84	4121964.66	26.00
12	Conjunto Tapa 400x400 A125	404	8.08	6.50	0.49	125	NPF	25.60	27.33	1078093.85	4012622.67	26.00
13	Rejilla 1000x1470 C400	1000	10.00	3.33	ND	400	ND	ND	131.41	3220201.23	18378415.4	140.00
14	Rejilla 1000x600 C400	DD	DD	DD	DD	400	DD	DD	DD	DD	DD	DD
15	Rejilla 1000x600 A125	600	6.00	6.00	3.41	125	NPF	31.00	28.93	974115.38	4046526.59	32.00
16	Conjunto Rejilla D600 C400	602	6.02	2.01	3.23	400	NPF	ND	45.74	1524298.64	6395854.63	47.00
17	Conjunto Rejilla 400x600 B250	402	8.04	1.34	2.18	250	NPF	ND	28.94	943768.66	4047260.15	29.00
18	Conjunto Rejilla 500x360 B250	342	6.84	1.14	3.08	250	NPF	30.60	29.54	969818.28	4130306.46	30.00
19	Conjunto Rejilla 600x300 B250	277	5.54	1.00	2.70	250	NPF	27.60	23.65	839530.95	3306633.78	28.00
20	Conjunto Rejilla 300x600 B250	305	6.10	1.02	2.44	250	NPF	ND	26.05	820775.87	3642700.21	27.00
21	Conjunto Rejilla 500x360 A125	341	6.82	6.50	<0.40	125	NPF	30.20	29.54	969818.28	4130306.46	30.00
<b>NPF:</b> No Presenta Fisuras												
<b>ND:</b> No hay Dato												
<b>DD:</b> Continua en Diseño y Desarrollo												

En la **Figura 19** se puede observar una comparación entre cinco dispositivos anteriores y nuevos, en la **Tabla 15** a que dispositivo corresponde y sus respectivos valores.

Al analizar los resultados se puede comprobar que el peso de los productos nuevos es menor que el de los anteriores y la flecha residual en los Conjuntos Tapa D600 C400, D600 B250 y D600 A125 igualmente disminuye, por lo que se demuestra que, al modificar adecuadamente la forma geométrica de elementos sometidos a cargas, se conservan sus propiedades mecánicas, permitiendo reducir su peso. En los Conjuntos Rejilla 500x360 B250 Y 600X300 B250 se observa que la flecha residual es mayor que en los anteriores.

Los resultados de flecha residual de los Conjuntos Tapa de la **Tabla 15** cumplen con la Norma NTE INEN-EN 124-1, 2019.

Los resultados de flecha residual de los Conjuntos Rejilla de la **Tabla 15** no cumplen con la Norma NTE INEN-EN 124-1, 2019, pero cumplen con la Norma NTE INEN 2496 aún vigente en el país por lo que pueden ser comercializados.



**Figura 19** Peso vs Flecha Residual (Fuente: Propia)

**Tabla 15** Comparación Dispositivos Anteriores y Nuevos (Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Anterior		Nuevo	
		Peso [kg]	Flecha Residual [mm]	Peso [kg]	Flecha Residual [mm]
1	Conjunto Tapa D600 C400	70.10	2.15	52.29	1.92
2	Conjunto Tapa D600 B250	57.00	2.44	47.10	0.00
3	Conjunto Tapa D600 A125	39.58	4.85	38.50	3.37
4	Conjunto Rejilla 500x360 B250	42.00	2.29	30.60	3.08
5	Conjunto Rejilla 600x300 B250	32.00	2.51	27.60	2.70

**Tabla 16** Productos más vendidos por FUNDIRECICLAR S.A. durante el año 2020. (Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Ventas [%]
1	Conjunto Tapa D600 C400	19.62
2	Conjunto Tapa 1500x750 C400	11.92
3	Conjunto Tapa D700 C400	10.11
4	Rejilla 1000X600 C400	8.85
5	Conjunto Tapa D600 A125	8.33
6	Conjunto Tapa D700 A125	7.69
7	Conjunto Tapa D600 C400	7.13
8	Conjunto Rejilla 600x300 B250	4.44
9	Conjunto Tapa 1500X750 A125	3.57
10	Lingotera 1 Ton	3.55
11	Conjunto Tapa D600 B250	3.37
12	Conjunto Rejilla 1000X600 A125	1.30
	<b>Total</b>	<b>89.89</b>

En la **Tabla 16** se puede observar los productos más comercializados durante el año 2020, de los cuales tres son nuevos y se analizan a continuación.

En la **Figura 20**, se puede observar los kilogramos totales de los tres dispositivos nuevos seleccionados de la **Tabla 16**, en tanto que en la **Tabla 17** se muestran los valores de peso optimizados. Es así que, se evidencia que debido a la reducción del peso de estos productos se obtiene un ahorro total de 23446.70 kg de material.



**Figura 20** Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2020. (Fuente: Propia)

**Tabla 17** Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2020. (Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Ventas [%]	Cantidad [unidades]	Peso total nuevo [kg]	Peso total anterior [kg]	Ahorro [kg]
1	Conjunto Tapa D600 C400	19.62	947	50100.00	66384.70	16284.70
2	Conjunto Tapa 1500X750 A125	3.57	45	8685.00	11700.00	3015.00
3	Conjunto Rejilla 1000X600 A125	1.30	133	4099.00	8246.00	4147.00
	<b>Total</b>	<b>24.49</b>	<b>1125</b>	<b>62884.00</b>	<b>86330.70</b>	<b>23446.70</b>

**Tabla 18** Productos más vendidos por FUNDIRECICLAR S.A. durante el año 2021.

(Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Ventas [%]
1	Proyecto GSXXI	27.92
2	Conjunto Tapa D600 B250	13.26
3	Codos y Laberintos	10.84
4	Conjunto Tapa D600 C400	9.76
5	Conjunto Tapa D700 C400	6.04

6	Conjunto Tapa D600 A125	4.67
7	Caja de Medidor	4.21
8	Rejilla 1000X600 C400	3.99
9	Conjunto Rejilla 600X300 B250	3.64
10	Conjunto Tapa 1500x750 C400	3.57
	<b>Total</b>	<b>87.89</b>

En la **Tabla 18** se observa los productos más comercializados durante el año 2021, de los cuales cuatro son nuevos y se analizan a continuación.

En la **Figura 21**, se puede observar los kilogramos totales de los cuatro dispositivos nuevos seleccionados de la **Tabla 18**, mientras que la **Tabla 19** lista los valores del ahorro generado. Se puede evidenciar que debido a la reducción del peso de estos productos se obtiene un ahorro total de 12350.92 kg de material.



**Figura 21** Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2021. (Fuente: Propia)

**Tabla 19** Comparación de Dispositivos Nuevos Vendidos 2021. (Fuente: Propia)

Ítem	Descripción	Ventas [%]	Cantidad [unidades]	Peso total nuevo [kg]	Peso total anterior [kg]	Ahorro [kg]
1	Conjunto Tapa D600 B250	13.26	550	25841.20	31350.00	5508.80
2	Conjunto Tapa D600 C400	9.76	325	18150.00	22782.50	4632.50
3	Conjunto Tapa D600 A125	4.67	269	10114.40	10647.02	532.62
4	Conjunto Rejilla 600X300 B250	3.64	258	6708.00	8385.00	1677.00
	<b>Total</b>	<b>31.33</b>	<b>1402</b>	<b>60813.60</b>	<b>73164.52</b>	<b>12350.92</b>

## 3.2 Conclusiones

- Un estudio paramétrico ayuda a conocer cómo los parámetros afectan al desempeño de un elemento mecánico, para de esta forma poder modificar los valores y a través de los resultados obtenidos elegir la mejor solución.
- Los resultados alcanzados en los ensayos indican que los dispositivos cumplen con los requisitos determinados, siendo las zonas más afectadas las guías de auto-centrado, las cuales están ubicadas en el punto más alejado de la aplicación de la carga, por ello los máximos esfuerzos suelen encontrarse en estas zonas, el hecho de que existan zonas muy localizadas en los puntos de contacto que superen el límite de fluencia no tiene por qué entenderse como un factor totalmente restrictivo que revele el fallo del dispositivo, debido a que las guías de auto-centrado solo se encargan de centrar la tapa en el cerco y no son las encargadas de soportar la carga, y los ensayos se realizan para las condiciones más críticas de trabajo por lo que no hay necesidad de reforzar estos puntos.
- Un método de elementos finitos permite ejecutar un análisis previo a la construcción de un prototipo a través de simulaciones, y estos resultados son utilizados para evaluar varias alternativas de reducción de costos de elaboración de los productos analizados y que posteriormente son ensayadas en laboratorios para su respectiva validación.
- Se debe tener presente que los resultados que se obtienen de los análisis de carga en las simulaciones no son definitivos, debido principalmente a que el fallo está ligado a la influencia de diversos factores, que son difíciles de estimar en la vida del elemento. Por lo que, los análisis realizados por elementos finitos sirven para establecer una idea de orientación, pero para validar y dar por definitivo el dispositivo se requiere realizar ensayos experimentales.
- Se debe acentuar la utilidad del método de elementos finitos, el cual brinda rapidez, versatilidad y bajo costo si se comparan con métodos de análisis mecánico, por lo que se trata de una herramienta muy ventajosa para el estudio de modelos que logra reducir el número de ensayos experimentales necesarios para validar un producto.
- La validación de resultados obtenidos mediante el análisis por elementos finitos a través de ensayos experimentales en laboratorios permite garantizar la fiabilidad de las simulaciones realizadas.

- La caracterización de los elementos por medio de ensayos mecánicos y consecuentemente la determinación de sus propiedades físicas, permite conocer de forma detallada lo que se tiene actualmente, para así poder trabajar en lo que se quiere conseguir.
- El análisis de los parámetros de los dispositivos anteriores comparados con los nuevos permite demostrar que la forma geométrica de un elemento afecta directamente a la distribución de esfuerzos en el material del elemento y un correcto dimensionamiento permite cumplir con los nuevos requerimientos establecidos por la norma NTE INEN EN 124-1, 2019, y al mismo tiempo realizar una reducción de costos de producción.

### **3.3 Recomendaciones**

- En un programa de elementos finitos lo más importante son los datos de entrada y el criterio para analizarlos, si se introducen datos falsos las respuestas serán erradas, conocer los principios básicos permite obtener soluciones racionales.
- Se debe considerar algunas pautas básicas al momento de generar la geometría, debido a que esta proporciona una plantilla para la malla, evitar superficies astilladas, límites estrechos y características pequeñas. Cuando se tiene detalles innecesarios en la geometría se dificulta la solución, se generan comportamientos que evitan llegar a una correcta solución, existen características geométricas que pueden tender a esfuerzos infinitos.
- Continuar con el diseño de los productos faltantes usando como referencia el presente trabajo en el cual se ha demostrado con resultados la influencia que genera un estudio paramétrico y el análisis por el método de elementos finitos en el diseño de productos.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Foundry Society. (2011). Principios básicos del diseño de canales de colada y alimentación de las piezas fundidas. Estados Unidos: P.Gil/Blackhawk.

Autodesk. (2020). Manual Inventor.

Ayestarán, A., Graciano, C., & González, O. (2017). Resistencia de vigas esbeltas de acero inoxidable bajo cargas concentradas mediante análisis por elementos finitos. UIS Ingenierías.

Barkanov, E. (2001). Introduction to The Finite Element Method. USA: Editorial Riga.

Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.

Espinoza, L., González, O., & Graciano, C. (2019). Análisis de un interno tipo brida de un recipiente horizontal a presión utilizando elementos finitos. HAL archives ouvertes.

González, O., Martínez, G., & Graciano, C. (2020). Evaluación paramétrica de las principales variables geométricas en el diseño de un tren de aterrizaje para un avión no tripulado utilizando el método de los elementos finitos. UIS Ingenierías.

Gustafsson, E., & Strömberg, N. (2007). Shape optimization of castings by using successive response surface methodology. Springer Science.

Hormaetxe, A. (2019). Diseño y análisis de un cuadro de bicicleta mediante el método de los elementos finitos. Bilbao, España: Universidad del País Vasco.

Melgar Poluche, L., & Quillupangui Alvarez, S. (2012). Competitividad en la industria de la Fundición de piezas metálicas en Ecuador. Tesis de Ciencias Administrativas. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Normalización, S. E. (Julio de 2019). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 124-1. Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo (EN 124-1:2015, IDT). Quito, Ecuador.

Riba, C. (2002). Diseño Concurrente. España: Ediciones UPC.

## **5 ANEXOS**

**ANEXO I** Matriz de Riesgos y Oportunidades Diseño y Desarrollo

**ANEXO II** Prototipos a Escala Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

**ANEXO III** Modelos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

**ANEXO IV** Prototipos Fundidos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

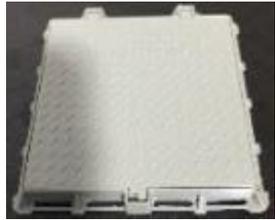
**ANEXO V** Informe Técnico de Auditoría a la Calidad del Producto, Tapas para uso en pozos y redes subterráneas, emitido por la Dirección de Validación y Certificación del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.

**ANEXO VI** Informe de resultados del Laboratorio de Ensayo del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, Conjunto Tapa D600 B250.

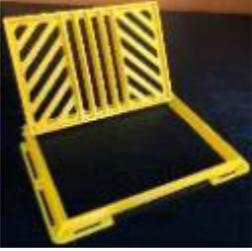
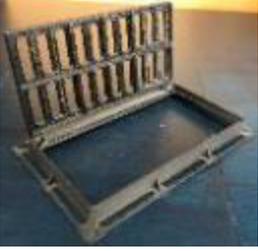
## ANEXO I Matriz de Riesgos y Oportunidades Diseño y Desarrollo

Riesgo	Posibles Causas	Valor [P]	Probabilidad	Valor [I]	Impacto	R=PxI	Nivel de Riesgo	Acción para abordar riesgos	Tratamiento Requerido	Responsable
Posible interpretación errónea de los elementos de entrada Diseño y Desarrollo	1 Lectura errónea de los requerimientos solicitados por el cliente 2 Requerimientos ingresados de forma incorrecta. 3 Elementos de Entrada incompletos o erróneos por parte del responsable de Ventas	1	Muy Bajo	15	Importante	15	Moderado	Asumir	Control del Sistema de Gestión: Aplicación del formato Elementos de Entrada Diseño y Desarrollo DD-01-20	Asistente de Diseño y Desarrollo
Posibles resultados incorrectos del Análisis de Elementos Finitos de sus siglas en ingles FEA	1 Incorrecto análisis de la independencia de malla. 2 Levantamiento erróneo de los requerimientos del cliente	1	Muy Bajo	15	Importante	15	Moderado	Asumir	Control del Sistema de Gestión: Aplicación del formato Informe FEA Formato DD-20-15	Asistente de Diseño y Desarrollo
Posible mal dimensionamiento del Prototipo	1 Error humano 2 Limitaciones técnicas para construir el prototipo 2 Mala interpretación del plano 3 Levantamiento erróneo de los requerimientos del cliente	1	Muy Bajo	15	Importante	15	Moderado	Asumir	Aplicar el formato de Control Dimensional de Producto DD-03-19 y verificar el cumplimiento de los requerimientos del cliente	Asistente de Diseño y Desarrollo
Errores en los modelos	1 Dimensiones fuera de tolerancia 2 Acabado superficial defectuoso 3 Ángulos de desmoldeo insuficientes 4 Limitaciones técnicas o tecnológicas para construir el modelo	4	Alto	20	Fuerte	80	Fuerte	Evitar	Ver Registro de Acción Correctiva #106	Asistente de Diseño y Desarrollo
Sistema de alimentación mal dimensionado	1 Posible falta de cálculos 2 Posible falta de validación del diseño de forma virtual por parte de Diseño y Desarrollo 3 Falta de recursos tecnológicos: como por ejemplo programas de simulación y computador para uso del mismo	5	Muy Alto	20	Fuerte	100	Fuerte	Evitar	Ver Registro de Acción Correctiva #107	Asistente de Diseño y Desarrollo

## ANEXO II Prototipos a Escala Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

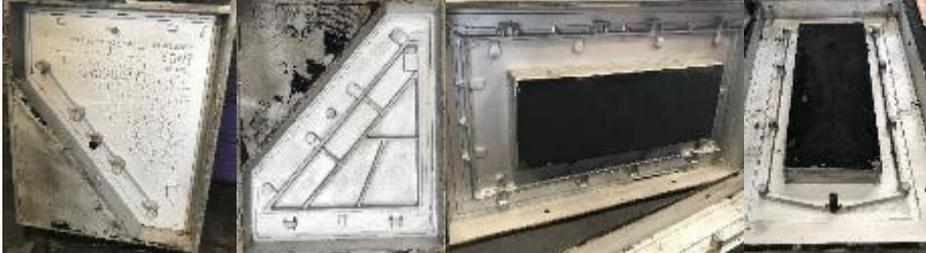
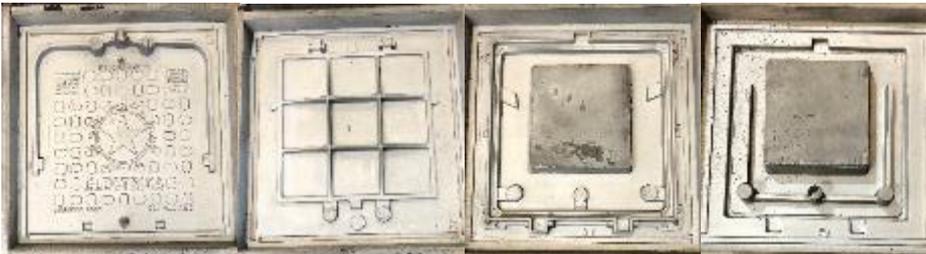
Ítem	Descripción	Imagen	Observaciones
1	Conjunto Tapa 1500x750 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
2	Conjunto Tapa 700x700 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
3	Conjunto Tapa D700 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
4	Conjunto Tapa D600 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
5	Conjunto Tapa 400x400 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
6	Conjunto Tapa D600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.

7	Conjunto Tapa 400x400 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
8	Conjunto Tapa 1500x750 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
9	Conjunto Tapa D600 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
10	Conjunto Tapa D500 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
11	Conjunto Tapa 400x400 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
12	Rejilla 1000x1470 C400		El dispositivo es funcional.

13	Rejilla 1000x600 A125		El dispositivo es funcional.
14	Conjunto Rejilla D600 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
15	Conjunto Rejilla 400x600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
16	Conjunto Rejilla 500x360 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
17	Conjunto Rejilla 600x300 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
18	Conjunto Rejilla 300x600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.

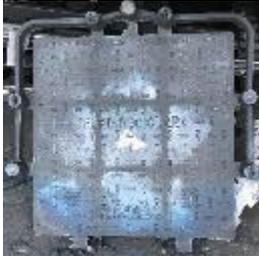
## ANEXO III Modelos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

Ítem	Descripción	Imagen
1	Conjunto Tapa 1500x750 C400	
2	Conjunto Tapa 700x700 C400	
3	Conjunto Tapa D600 C400	
4	Conjunto Tapa 400x400 C400	
5	Conjunto Tapa D600 B250	
6	Conjunto Tapa 400x400 B250	

7	<p>Conjunto Tapa 1500x750 A125</p>	
8	<p>Conjunto Tapa D600 A125</p>	
9	<p>Conjunto Tapa D500 A125</p>	
10	<p>Conjunto Tapa 400x400 A125</p>	
11	<p>Rejilla 1000x1470 C400</p>	
12	<p>Rejilla 1000x600 A125</p>	

13	Conjunto Rejilla D600 C400	
14	Conjunto Rejilla 400x600 B250	
15	Conjunto Rejilla 500x360 B250	
16	Conjunto Rejilla 600x300 B250	
17	Conjunto Rejilla 300x600 B250	

## ANEXO IV Prototipos Fundidos Nuevos Dispositivos FUNDIRECICLAR S.A.

N	Descripción	Imagen	Observaciones
1	Conjunto Tapa 1500x750 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
2	Conjunto Tapa 700x700 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
3	Conjunto Tapa D600 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
4	Conjunto Tapa 400x400 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
5	Conjunto Tapa D600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
6	Conjunto Tapa 400x400 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.

7	Conjunto Tapa 1500x750 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
8	Conjunto Tapa D600 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
9	Conjunto Tapa D500 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
10	Conjunto Tapa 400x400 A125		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
11	Rejilla 1000x1470 C400		El dispositivo es funcional.
12	Rejilla 1000x600 A125		El dispositivo es funcional.

13	Conjunto Rejilla D600 C400		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
14	Conjunto Rejilla 400x600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
15	Conjunto Rejilla 500x360 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
16	Conjunto Rejilla 600x300 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.
17	Conjunto Rejilla 300x600 B250		El dispositivo es funcional, se ensambla correctamente y su ángulo de apertura es mayor a 100°.

# ANEXO V Informe Técnico de Auditoría a la Calidad del Producto, Tapas para uso en pozos y redes subterráneas, emitido por la Dirección de Validación y Certificación del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.

	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
	INFORME TÉCNICO DE AUDITORÍA A LA CALIDAD DEL PRODUCTO TAPAS PARA USO EN POZOS Y REDES SUBTERRÁNEAS

DVC-IT- 2021-1519

Fecha de Auditoría: 2021-09-23 al 2021-09-24  
Fecha de Informe: 2021-09-24

## 1. ASUNTO

CERTIFICACIÓN ESQUEMA 1b:

CERTIFICACIÓN SELLO DE CALIDAD INEN:

Auditoría Previa:

Auditoría de Seguimiento:

Auditoría Extraordinaria:

## 2. ANTECEDENTES

Obtención del Sello de Calidad INEN:

Uso del Sello de Calidad INEN:

## 3. INFORMACIÓN GENERAL

Empresa: FUNDIRECICLAR S.A.

Dirección: Calle 25 de Noviembre N4-363 y Calle 1, Calderón, Quito

Producto: Tapas para uso en Pozos y Redes subterráneas de hierro fundido con grafito esférico nodular.

Grupo: B

Material: Hierro Dúctil

Grado: 80-55-06

Modelo: Conjunto tapa D600 B250 Colada: A-006-26-21

Marca comercial: Fundi Fundireciclar

Documento Normativo de Referencia: **NTE INEN 2496:2009 "Tapas para uso en Pozos y Redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e Inspección"**

### INFORMACIÓN DEL LABORATORIO (Aplica cuando se trabaje con laboratorio externo)

Laboratorio: Laboratorio de Ensayos- INEN

Dirección: Av. General Rumiñahui Puente 5, Sector "El Rosal"

Condición: Acreditado:

Designado:

Evaluado por el INEN:

Informe Técnico No.: Pendiente

Fecha: Pendiente

## 4. TRABAJO REALIZADO

### 4.1 MUESTREO:

Fecha de muestreo: 2021-09-24

Lugar de muestreo: Planta empresa FUNDIRECICLAR S.A.

Identificación del lote: A-006-26-21

Fecha de producción: 2021-08-13

Tamaño de lote: 5

Tamaños de muestra: 2

Norma técnica de Muestreo: **NTE INEN 2496:2009 "Tapas para uso en Pozos y Redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e Inspección"**

### 4.2 INSPECCIÓN Y ENSAYOS

Fecha de Inspección y ensayos: 2021-09-24 (inspección)/ Pendiente (ensayos)

Lugar de ensayos Laboratorio: Laboratorio de Ensayos- INEN

	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
	<b>INFORME TÉCNICO DE AUDITORÍA A LA CALIDAD DEL PRODUCTO</b> <b>TAPAS PARA USO EN POZOS Y REDES SUBTERRÁNEAS</b>

**REQUISITOS Y RESULTADOS DE INSPECCIÓN Y/O ENSAYOS**

MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
<b>7.1 Requisitos específicos</b>					
<b>7.1.1 Materiales</b>					
M-1	Materiales	7.1.1.1	a) Hierro fundido con grafito esferoidal (nodular) b) Hierro fundido con grafito vermicular c) Acero moldeado (colado fundido) d) Acero laminado e) Uno de los materiales ya citados combinados con hormigón f) Hormigón reforzado con varilla de acero g) Otros materiales compuestos	El fabricante declara que el producto es fabricado con Hierro fundido con grafito esferoidal (nodular)	Cumple
M-2			Cumple		
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Materiales	7.1.1.2 Tabla 1	Acero laminado Espesor del acero: Espesor mínimo de revestimiento $\mu\text{m}$ : Masa mínima del revestimiento $\text{g/m}^2$	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Especificaciones de materiales	7.1.1.3	b) fundición de grafito esferoidal NTE INEN 2499 Mecánicos de acuerdo a la tabla 1 y 2  Fundición grado: 80-55-06  Resistencia a tracción mínima : 552 MPa  Límite de fluencia mínimo 379 MPa  Elongación en 50 mm mínimo 6 %:	Resistencia a tracción: 620,57 Mpa  Límite de fluencia: 412,45 Mpa  Elongación en 50 mm: 6,5%	Cumple*
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Tapas reforzadas de hormigón	7.1.1.4	Esfuerzo de compresión 45 MPa	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Hormigón reforzado de varilla	7.1.1.5	Se debe cubrir el acero con un mínimo de 20 mm sobre todos los lados	-----	No Aplica
M-2					
7.1.2	<b>Dimensionales</b>				

MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Orificios de ventilación	7.1.2.1	Las tapas pueden ser diseñadas con o sin orificios o aberturas de ventilación Área orificios mínimo el 5% área tapa cuando la cota de paso es $\leq 600$ mm Para cotas mayores debe ser mínimo $140 \text{ cm}^2$	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Orificios de ventilación	7.1.2.1 a1) Tabla 2	.....	-----	No Aplica
M-2	Geometría				
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Abertura de ventilación	7.1.2.1 a2) Tabla 3	.....	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Ranura o agujero de ventilación	7.1.2.1 a3)	Debe ser medido con una precisión de 1 mm El área calculada en $\text{mm}^2$ y redondear a la centena más próxima	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Abertura de paso	7.1.2.1 b)	La abertura de tapa debe ser completamente libre de obstáculos y tener un diámetro mínimo de 600 mm	Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Profundidad de inserción (A)	7.1.2.1 c)	La profundidad de inserción para los grupos D y E debe ser mínimo de 50 mm	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Profundidad de inserción	7.1.2.1 c1)	Este requerimiento no aplica si las tapas son construidas de tal manera que se encuentren fijadas en su cerco y no salgan de su posición con el tráfico.	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Holgura total	7.1.2.1 d)	La holgura total Figura 3 Tabla 4 CP: 601 mm  CP > 400 mm Holgura máx. 7 mm  CP $\leq$ 400 mm Holgura máx. 5 mm	Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN
M-1	Holgura individual	7.1.2.1 d1)	En las tapas o rejillas con más de 3 elementos la holgura individual tendrá un límite máximo de 5 mm.	-----	No Aplica
M-2					
MUESTRA	CARACTERÍSTICA	NUMERAL	REQUISITOS	RESULTADO	EVALUACIÓN

	DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
	<b>INFORME TÉCNICO DE AUDITORÍA A LA CALIDAD DEL PRODUCTO TAPAS PARA USO EN POZOS Y REDES SUBTERRÁNEAS</b>

M-1	Protección de las aristas Tapas y rejillas de hormigón armado	7.1.2.1 e) Tabla 5	Grupo	Espesor mínimo	-----	No Aplica
M-2			A	3 mm		
			B	4 mm		
			C	5 mm		
			D,E	6 mm		
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Filo y protección de las superficies	7.1.2.1 e1)	Deben ser medidos con exactitud de 0,1 mm		-----	No Aplica
M-2			El espesor galvanizado debe ser medido con exactitud de 5 µm			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Área de apoyo del cerco	7.1.2.1 f)	El área de apoyo del cerco debe ser diseñada para ejercer una presión sobre el pavimento de 7,5 MPa		Área: 80164,127mm <sup>2</sup>	Cumple
M-2						
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Profundidad del cerco	7.1.2.1 g) Tabla 6	Debe ser medida con exactitud de 1 mm		-----	No Aplica
M-2			Grupo C Profundidad mínima 100 mm			
			Grupo D,E Profundidad mínima 100 mm			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Ángulo de abertura dispositivos con bisagra	7.1.2.1 h)	Ángulo mínimo de 100°		Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
M-2						
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Peso	7.1.2.1 i)	La tolerancia del peso podrá ser máximo ± 2% (kg)		48,8 kg	Cumple
M-2			Peso declarado: 48,3 kg		48,1 kg	
<b>7.1.3</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>					
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Deformación permanente	7.1.3.1 a) Tabla 7	a)La deformación permanente de la tapa debe cumplir las especificaciones establecidas en la tabla 7 y medida con una exactitud de 0,1 mm		Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
M-2			deformación permanente admisible: 1/100 CP CP(Abertura de paso)= máx. 6,01			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>NUMERAL</b>	<b>REQUISITOS</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
M-1	Comportamiento a la carga total	7.1.3.1 b)	El comportamiento de las tapas hechas de los materiales que se indican en el numeral 7.1.1.1, no deberá presentar grietas.		Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
M-2						

 <b>INEN</b> <small>INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</small>	<b>DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN</b>  <b>INFORME TÉCNICO DE AUDITORÍA A LA CALIDAD DEL PRODUCTO</b> <b>TAPAS PARA USO EN POZOS Y REDES SUBTERRÁNEAS</b>
--	--

## 7.2 Requisitos complementarios

Requisito	Resultado	Evaluación
7.2.1.1 Las tapas con superficie exterior planas de los grupos C, D y E, deben sobresalir como máximo 6 mm con una tolerancia de $\pm 1\%$ .	-----	No Aplica
7.2.1.2 Las tapas con superficie exterior que no sea plana y que tengan un alto relieve (si lo hubiere) deben cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 8.	Se enviaron las muestras al laboratorio de ensayos del INEN.	Pendiente**
7.2.1.3 La superficie del dibujo en relieve no será menor que el 10% ni superior al 70% de la superficie superior total	ST=322671,35 mm <sup>2</sup> SR= 63086,17 mm <sup>2</sup> Valor en %=19,6%	Cumple
7.2.1.4 La rugosidad superficial o imperfecciones en la superficie de la tapa o rejilla como en el cerco debe ser medida con precisión de 0,5 mm	Área alto relieve: 63086,17 mm <sup>2</sup>	Cumple
7.2.2.1 Si el aseguramiento se alcanza mediante peso superficial la tapa o rejilla debe ser pesada con una precisión del 1%.	-----	No Aplica
7.2.2.2 Si el aseguramiento se alcanza mediante un dispositivo de seguridad o una característica de diseño específica.	Posee instalado un perno como dispositivo de seguridad	Cumple
7.2.2.3 Debe realizarse el desbloqueo, apertura y cierre de las tapas y rejillas sobre su cerco un mínimo 3 veces.	Desbloqueo, apertura y cierre de las tapas	Cumple

## 10. Rotulado

Requisito	Resultado	Evaluación
10.1 Todas las tapas o rejillas deben llevar rotulado en su superficie superior y los cercos en una parte visible que pueda ser observada previa a su instalación, y deben contener la siguiente información:		
a) Norma NTE INEN	NTE INEN 2496 NTE INEN 2499	Cumple
b) El o los grupos apropiados a los cercos que puedan ser utilizados por varios grupos	B250	Cumple
c) El nombre y/o la sigla del fabricante y el país de fabricación, que quede estar en forma de código	FUNDI FUNDIRECICLAR ECUADOR	Cumple
d) El número de certificación INEN del producto	-----	No aplica
e) Marcas adicionales relacionadas con la aplicación o del propietario	COTACACHI MUNICIPIO	Cumple
f) Identificación del producto (nombre y/o número de catálogo)	D600 B250	Cumple
10.2 El rotulado debe constar en todas las tapas o rejillas de forma clara y perenne	Consta de forma clara y perenne	Cumple

## 11. Rotulado en referencia a la RTE INEN 062

Requisito	Resultado	Evaluación
5.1 Marcado del producto. El marcado de los productos contemplados en este reglamento técnico, debe incluir lo siguiente:		
5.1.6 Norma de referencia de la Fundación utilizada NTE INEN 2481 y NTE INEN 2499 o sus equivalentes, en alto o bajo relieve.	NTE INEN 2499	Cumple

**Verificación de uso adecuado de la marca de conformidad Sello de Calidad INEN: Declara el sello de calidad INEN**

**5. OBSERVACIONES:**

\*: Resultados obtenidos del informe de ensayos LE-2021-392

\*\* : Se enviaron las muestras de las tapas de alcantarilla Grupo B grado 80-55-06, al laboratorio de ensayos del INEN, a realizarse los ensayos dimensionales (apertura de paso, holgura total, ángulo de apertura dispositivo con bisagra), requisito complementario (alto del relieve) y propiedades mecánicas (deformación permanente, comportamiento a la carga total).

**6. NO CONFORMIDADES:**

Ninguna

**7. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO**

Luego de la inspección realizada en las muestras de: **Tapas para uso en pozos y redes subterráneas**, marca comercial **FUNDI FUNDIRECICLAR**, fabricados por la empresa **FUNDIRECICLAR S.A.**, correspondientes al modelo **D600 B250**, grupo: **B** grado: **80-55-06**, Lote: **A-006-26-21** y colada **A-006-26-21**, **CUMPLE** con los requisitos de material, dimensional (peso), complementarios (área del dibujo en relieve, aseguramiento, desbloqueo, apertura y cierre) y rotulado establecidos en la **NTE INEN 2496:2009** "Tapas para uso en Pozos y Redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e Inspección", y se encuentra pendiente de evaluar: requisitos dimensionales (apertura de paso, holgura total, ángulo de apertura dispositivo con bisagra), requisito complementario (alto del relieve) y requisitos mecánicos (deformación permanente, comportamiento a la carga total).

**8. ANEXOS:**

Ninguna



.....  
Ing. Luis Fernando Cisneros Tabango  
**AUDITOR-INEN** (nombre y firma)



.....  
MBA. Yolanda Jeanette Cruz Ruano  
**REPRESENTANTE DE LA EMPRESA** (firma y sello)

<p>Documentos elaborados por el Auditor: Ing. Luis Cisneros</p> <p>Oficio: <input checked="" type="checkbox"/>   Certificado: <input type="checkbox"/>   Factura borrador: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Fecha: ..... Firma: .....</p>	<p>Revisado por:</p> <p>Fecha: ..... Firma: .....</p>	<p>Aprobado por el Director de Validación y Certificación / Director Zonal:</p> <p>Fecha: ..... Firma: .....</p>
---	---	--

*NOTA: Este informe no significa Certificación de Calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios*

# ANEXO VI Informe de resultados del Laboratorio de Ensayo del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, Conjunto Tapa D600 B250.

<b>SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</b> Edición: 05	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> INFORME DE RESULTADOS	Hoja N° 1 de 6
---	--	----------------

**INFORME DE RESULTADOS N°** LE-2021-730      **FECHA:** 2021-09-30

INFORMACIÓN GENERAL			
N° SOLICITUD DE TRABAJO:	ST-2021-266		
ENTIDAD/EMPRESA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.		
FECHA DE INGRESO DE OBJETO DE ENSAYO:	2021-09-27	E-MAIL <sup>(1)</sup> :	calidad@ecuainox.com
MUESTREO/ TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR	Ing. Luis Cisneros	ACTA No. <sup>(1)</sup> :	DVC-2021-041

MEDICIÓN DE FLECHA RESIDUAL Y COMPORTAMIENTO A CARGA TOTAL				
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	2021-09-28			
NORMA DE REQUISITOS <sup>(1)</sup> :	NTE INEN 2496			
MÉTODO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	LE-PTE-G-04. Ref.: UNE-EN 124; NTE INEN 2496			
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO DE ENSAYOS GENERALES			
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura, °C:	No Aplica	Humedad Relativa, %:	No Aplica
EQUIPOS UTILIZADOS:	Máquina Universal de Ensayos. Código: 2500; Flexómetro. Código: EI-G-13; Reloj Comparador. Código: 2308; Cronómetro. Código: EI-C-01; Nivel. Código: S/C; Soporte. Código: S/C			
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Conjunto tapa D600 B250 Grado 80-45-06	MARCA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.	
CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:	OE-2021-266-03	CÓDIGO DE CLIENTE <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.	

Flecha Residual									
Carga a los 2/3 de la Fuerza de Control (Carga Total) (kN)					Resultado (mm)	U (k=2) %	Requisito NTE INEN 2496:2009 mm	Fuerza de Control (Carga Total) (kN)	Observaciones
1	2	3	4	5					
167	167	167	167	167	< 0,40	± 2,72	Máx.: 6,04 mm	250	No presenta fisuras

**OBSERVACIONES:**

- Laboratorio de Ensayos Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-002
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
- El objeto de ensayo pertenece al grupo B (250 kN); la información fue especificada por el cliente, la cual es su responsabilidad y podría afectar a la validez de los resultados.
- Las fotografías del ensayo se indican en el Anexo I.

- Los resultados de este informe se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo.  
 - Este Informe de Resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

<b>Realizado por:</b>  <small>Escanea el código QR para verificar la autenticidad de este informe.</small> <b>FRANKLIN PATRICIO VILLA FARINANGO</b>
--

Ing. Franklin Villa

<b>Autorizado por:</b>  <small>Escanea el código QR para verificar la autenticidad de este informe.</small> <b>CESAR GIOVANNY REYES ALARCON</b>
--

Ing. César Reyes

DIRECCIÓN - INEN: Autopista General Rumiñahui. Puente Peatonal N° 5, 500 m a mano derecha. Barrio El Rosal.

 <b>SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> INFORME DE RESULTADOS	Hoja N° 2 de 6
	Edición: 05	

INFORME DE RESULTADOS N° LE-2021-730 FECHA: 2021-09-30

INFORMACIÓN GENERAL			
N° SOLICITUD DE TRABAJO:	ST-2021-266		
ENTIDAD/EMPRESA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.		
FECHA DE INGRESO DE OBJETO DE ENSAYO:	2021-09-27	E-MAIL <sup>(1)</sup> :	calidad@ecuainox.com
MUESTREO/ TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR	Ing. Luis Cisneros	ACTA No. <sup>(1)</sup> :	DVC-2021-041

ABERTURA DE PASO*				
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	2021-09-28			
NORMA DE REQUISITOS <sup>(1)</sup> :	NTE INEN 2496			
MÉTODO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Método Interno			
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO DE ENSAYOS GENERALES			
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura, °C:	No Aplica	Humedad Relativa, %:	No Aplica
EQUIPOS UTILIZADOS:	Flexómetro. Código: EI-G-13			
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Conjunto tapa D600 B250 Grado 80-45-06	MARCA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.	
CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:	OE-2021-266-03	CÓDIGO DE CLIENTE <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.	

Abertura de paso <sup>(2)</sup> mm	Requisito NTE INEN 2496:2009 Abertura de paso mínimo mm
604	600

**OBSERVACIONES:**

- Laboratorio de Ensayos Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-002
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
- (2) El resultado corresponde al promedio de cinco mediciones realizadas.

- Los resultados de este informe se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo.  
 - Este Informe de Resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

<b>Realizado por:</b>  <small>Firmado digitalmente por:</small> <b>FRANKLIN PATRICIO VILLA PARINANGO</b>  Ing. Franklin Villa	<b>Autorizado por:</b>  <small>Firmado digitalmente por:</small> <b>CESAR GIOVANNY REYES ALARCON</b>  Ing. César Reyes
--	--

DIRECCIÓN - INEN: Autopista General Rumiñahui. Puente Peatonal N° 5, 500 m a mano derecha. Barrio El Rosal.

 <b>SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> INFORME DE RESULTADOS	Hoja N° 3 de 6
		Edición: 05

**INFORME DE RESULTADOS N°** LE-2021-730 **FECHA:** 2021-09-30

INFORMACIÓN GENERAL			
N° SOLICITUD DE TRABAJO:	ST-2021-266		
ENTIDAD/EMPRESA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.		
FECHA DE INGRESO DE OBJETO DE ENSAYO:	2021-09-27	E-MAIL <sup>(1)</sup> :	calidad@ecuainox.com
MUESTREO/ TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR	Ing. Luis Cisneros	ACTA No. <sup>(1)</sup> :	DVC-2021-041

HOLGURA TOTAL*			
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	2021-09-28		
NORMA DE REQUISITOS <sup>(1)</sup> :	NTE INEN 2496		
MÉTODO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Método Interno		
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO DE ENSAYOS GENERALES		
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura, °C:	No Aplica	Humedad Relativa, %: No Aplica
EQUIPOS UTILIZADOS:	Calibrador. Código: EI-G-15		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Conjunto tapa D600 B250 Grado 80-45-06	MARCA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.
CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:	OE-2021-266-03	CÓDIGO DE CLIENTE <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.

Holgura total <sup>(2)</sup> mm	Requisito NTE INEN 2496:2009 Holgura total máxima mm
3,31	7

**OBSERVACIONES:**

- Laboratorio de Ensayos Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-002
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
- (2) El resultado corresponde al promedio de cinco mediciones realizadas.

- Los resultados de este informe se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo.  
 - Este Informe de Resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Realizado por:
 <small>Escanea el código QR para más información</small> <b>FRANKLIN PATRICIO VILLA FARINANGO</b>

Ing. Franklin Villa

Autorizado por:
 <small>Escanea el código QR para más información</small> <b>CESAR GIOVANNY REYES ALARCON</b>

Ing. César Reyes

DIRECCIÓN - INEN: Autopista General Rumiñahui. Puente Peatonal N° 5, 500 m a mano derecha. Barrio El Rosal.

 <b>SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</b> Edición: 05	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> INFORME DE RESULTADOS	Hoja N° 4 de 6

INFORME DE RESULTADOS N° LE-2021-730 FECHA: 2021-09-30

INFORMACIÓN GENERAL			
N° SOLICITUD DE TRABAJO:	ST-2021-266		
ENTIDAD/EMPRESA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.		
FECHA DE INGRESO DE OBJETO DE ENSAYO:	2021-09-27	E-MAIL <sup>(1)</sup> :	calidad@ecuainox.com
MUESTREO/TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR	Ing. Luis Cisneros	ACTA No. <sup>(1)</sup> :	DVC-2021-041

ÁNGULO DE ABERTURA *			
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	2021-09-28		
NORMA DE REQUISITOS <sup>(1)</sup> :	NTE INEN 2496		
MÉTODO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Método Interno		
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO DE ENSAYOS GENERALES		
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura, °C:	No Aplica	Humedad Relativa, %: No Aplica
EQUIPOS UTILIZADOS:	Goniometro. Código: 1403		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Conjunto tapa D600 B250 Grado 80-45-06	MARCA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.
CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:	OE-2021-266-03	CÓDIGO DE CLIENTE <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.

Angulo de abertura <sup>(2)</sup> (°)	Requisito NTE INEN 2496:2009 Ángulo de abertura mínimo (°)
110	100

**OBSERVACIONES:**

- Laboratorio de Ensayos Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-002
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
- (2) El resultado corresponde al promedio de cinco mediciones realizadas.

- Los resultados de este informe se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo.  
 - Este Informe de Resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Realizado por:
 Firmado digitalmente por: <b>FRANKLIN PATRICIO VILLA FARINANGO</b>

Ing. Franklin Villa

Autorizado por:
 Firmado digitalmente por: <b>CESAR GIOVANNY REYES ALARCON</b>

Ing. César Reyes

DIRECCIÓN - INEN: Autopista General Rumiñahui. Puente Peatonal N° 5, 500 m a mano derecha. Barrio El Rosal.

 <b>SERVICIO EQUATORIANO DE NORMALIZACIÓN</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> <b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Hoja N° 5 de 6
	Edición: 05	

**INFORME DE RESULTADOS N°** LE-2021-730 **FECHA:** 2021-09-30

INFORMACIÓN GENERAL			
N° SOLICITUD DE TRABAJO:	ST-2021-266		
ENTIDAD/EMPRESA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.		
FECHA DE INGRESO DE OBJETO DE ENSAYO:	2021-09-27	E-MAIL <sup>(1)</sup> :	calidad@ecuainox.com
MUESTREO/ TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR	Ing. Luis Cisneros	ACTA No. <sup>(1)</sup> :	DVC-2021-041

NIVEL DEL RELIEVE*			
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	2021-09-28		
NORMA DE REQUISITOS <sup>(1)</sup> :	NTE INEN 2496		
MÉTODO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Método Interno		
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO DE ENSAYOS GENERALES		
CONDICIONES AMBIENTALES:	Temperatura, °C:	No Aplica	Humedad Relativa, %: No Aplica
EQUIPOS UTILIZADOS:	Calibrador. Código: EI-G-15		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ENSAYO <sup>(1)</sup> :	Conjunto tapa D600 B250 Grado 80-45-06	MARCA <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.
CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:	OE-2021-266-03	CÓDIGO DE CLIENTE <sup>(1)</sup> :	FUNDIRECICLAR S.A.

Nivel del relieve <sup>(2)</sup> mm	Requisito NTE INEN 2496:2009 Nivel del relieve mm	
	Mínimo	Máximo
3,26	2	6

**OBSERVACIONES:**

- Laboratorio de Ensayos Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-002
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE
- (2) El resultado corresponde al promedio de tres mediciones realizadas.

- Los resultados de este informe se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo.  
 - Este Informe de Resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

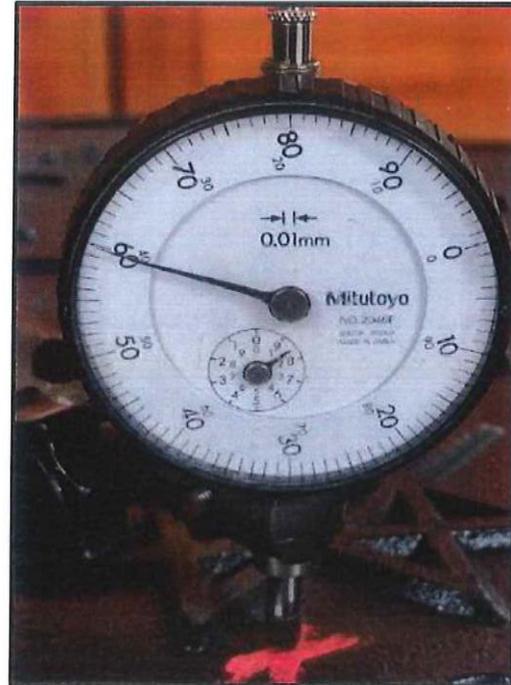
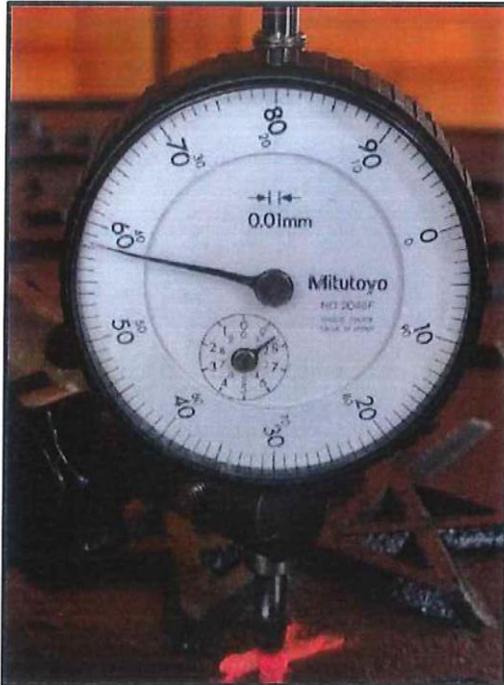
<b>Realizado por:</b>  Firmado electrónicamente por: <b>FRANKLIN PATRICIO VILLA FARINANGO</b> Ing. Franklin Villa	<b>Autorizado por:</b>  Firmado electrónicamente por: <b>CESAR GIOVANNY REYES ALARCON</b> Ing. César Reyes
--	---

DIRECCIÓN - INEN: Autopista General Rumiñahui. Puente Peatonal N° 5, 500 m a mano derecha. Barrio El Rosal.

**ANEXO I**

**CÓDIGO DE OBJETO DE ENSAYO:**

OE-2021-266-03



**OBSERVACIONES:** Ninguna