



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

Diseño de un prototipo de molde con NYLAMID M para
la obtención de especímenes esféricos de concreto

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

MOISÉS DÁVILA MENDOZA



ASESOR:

ING. ONIEL GARCÍA BALANZAR

Cd. Mx. Noviembre de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Agradecimientos	4
Introducción.....	5
Capítulo 1. Moldes de fibra de vidrio previamente fabricados por estudiantes del Capítulo Estudiantil ACI de la FES Aragón	7
Malformaciones y desviaciones dimensionales	8
Falta de detalles y precisión	10
Desgaste y Deterioro	12
Problemas de Desmoldeo	12
Resistencia a químicos.....	14
Capítulo 2. Inspección a detalle de los moldes de fibra de vidrio	15
Evaluación de Moldes de Fibra de Vidrio	15
Inspección visual	15
Mediciones dimensionales.....	16
Pruebas de desgaste.....	16
Evaluación de detalles.....	17
Conclusiones de la inspección y consideraciones del material a elegir para el diseño	17
Capítulo 3. Los moldes y las poliamidas	19
Los moldes	19
Materiales comunes para la fabricación de moldes	20

Factores de Selección de Materiales.....	21
Poliamidas: la mejor opción para el diseño de un prototipo de molde esférico	22
Tipos de nylamid más utilizados en la ingeniería	23
NYLAMID SL/ NYLTEC CM.....	23
Nylamid XL/NYLTEC OILON.....	26
<i>Nylamid 901/NYLTEC HS BLUE</i>	29
NYLTEC NYLUBE.....	31
<i>NYLAMID M/ NYLTEC NAT</i>	33
El NYLAMID M / NYLAMID NAT: la mejor elección para generar un molde esférico de concreto.....	36
Propiedades Específicas del Nylamid M / Nylamid Nat	37
Capítulo 4. Diseño del molde con la herramienta SOLIDWORKS ®.....	39
Diseño de un prototipo de molde con NYLAMID M	40
Elementos del molde	44
Piezas de ensamble.....	44
Piezas de sellado.....	46
Piezas de fijación	51
Orificios y tapones para vertido de material	53
Métodos posibles de maquinado a considerar	56
Control numérico CNC	56
Maquinaria convencional (torno, fresadora).....	57
Mantenimiento del molde de inyección.....	61

Conclusión del diseño y el proyecto.....	62
Conclusiones Generales	64
Referencias	65

Agradecimientos

En este punto crucial de mi trayectoria académica, es un honor expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas y dependencias que han contribuido de manera fundamental a la realización de esta tesina. Su apoyo, aliento y orientación han sido vitales para mi éxito.

Mi gratitud hacia mi familia es infinita. A mis padres, quienes desde el inicio me inculcaron el amor por el aprendizaje y me brindaron su apoyo incondicional. A mi hermana, por su comprensión y aliento constantes. Su amor, respaldo y ejemplo han sido mi mayor fortaleza.

Dentro de esta travesía académica quiero brindar un espacio especial para mi asesor, merece un reconocimiento especial. Su experiencia y mentoría experta han sido pilares esenciales en la realización de esta tesina. Siempre estuvo dispuesto a escucharme, aclarar mis dudas y brindar orientación en cada etapa del proyecto. Su dedicación a mi crecimiento académico y su compromiso con la excelencia me han inspirado a superar obstáculos y a alcanzar nuevos niveles de logro.

En resumen, dedico esta tesina a todas las personas y entidades mencionadas anteriormente, cuyas contribuciones, apoyo y aliento han sido esenciales para la realización de este proyecto. Su influencia ha dejado una huella imborrable en mi camino académico, y estoy profundamente agradecido por su generosidad y apoyo constante.

Gracias de todo corazón.

Introducción

La carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Estudios Superiores Aragón se interesa continuamente por participar en diversas competencias y concursos relacionados a las áreas de la disciplina obteniendo resultados favorables en la mayoría de ellos, como prueba de esto, en el año 2016, cuatro alumnos integrantes del Capítulo Estudiantil ACI (American Concrete Institute, por sus siglas en inglés) quedaron entre los 10 mejores lugares del *Concurso de Bola de Boliche de Concreto Reforzada con Fibras (FRC)* organizado por dicho capítulo, y celebrado en la *Convención de Primavera 2016* en Wisconsin, Estados Unidos (Velasco, 2016, 3).

A raíz de eventos como el anterior, cuya importancia radica en fomentar una formación integral en el estudiantado, se detectaron puntos de mejora en la construcción de los prototipos y moldes empleados para la generación de los especímenes de concreto.

De este modo, el presente proyecto surge como respuesta a la necesidad de mejorar los moldes previamente fabricados en fibra de vidrio, los cuales, solían presentar diversos problemas en su fabricación y funcionamiento durante el proceso de vertido de concreto y fibra. La inquietud por resolver estos inconvenientes ha impulsado a buscar una solución innovadora y efectiva que permita obtener resultados más precisos y consistentes en la elaboración de especímenes esféricos.

En este marco, el principal inconveniente detectado en los moldes fabricados en fibra de vidrio radicaba en su deficiente sellado y en la aparición de malformaciones en los especímenes una vez que se vertía el agregado de concreto y fibra en dichos equipos. Estas problemáticas afectaban directamente la calidad y la homogeneidad de las piezas producidas, lo que a su vez repercutía en la eficiencia de los procesos de fabricación, tiempos y en los costos asociados.

Para superar estas dificultades, se propone entonces sustituir los moldes de fibra de vidrio por unos diseñados con un plástico de ingeniería, lo que permitirá obtener especímenes esféricos con cualidades y características más puras. La elección de un plástico de ingeniería para la fabricación de los nuevos moldes se basa en las

ventajas que este tipo de material ofrece, como su alta resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de conservar detalles y su facilidad al ser maquinado.

La elección de los moldes como elemento de estudio en este proyecto se fundamenta en su relevancia para la industria de la construcción y en la importancia de garantizar la calidad y la integridad de las piezas que se producen a partir de ellos, por lo que se espera que, con la implementación de estos nuevos moldes, se logre superar los problemas de sellado y malformaciones observados previamente, y se obtengan especímenes esféricos con características más consistentes.

De tal manera, que el objetivo del presente trabajo es diseñar un molde plástico para la obtención de una esfera de concreto de 200 ± 15 mm de diámetro con un máximo de 5.5 kg con la mayor resistencia posible y menor deformación, basados en los lineamientos del American Concrete Institute y los Capítulos Estudiantiles ACI ARQ UANE, ACI FIC UANL, ACI FARQ UADEC, y ACI FI UADEC, para finalmente, obtener especímenes esféricos con características más consistentes, durables y apegados a estándares.

A lo largo del proyecto se desarrollará a detalle el proceso de diseño y selección de materiales, así como su evaluación y análisis en comparación con los moldes previos de fibra de vidrio, recuperando además los aspectos técnicos involucrados en la implementación de esta solución innovadora, la cual contribuirá a la mejora en la calidad de los productos, beneficiando al cliente en términos de eficiencia y rentabilidad, al mismo tiempo que contribuirá a elevar el estándar de los componentes y la durabilidad de los mismos.

Capítulo 1. Moldes de fibra de vidrio previamente fabricados por estudiantes del Capítulo Estudiantil ACI de la FES Aragón

Distintas universidades de corte público y privado, a nivel nacional e internacional, conforman grupos y asociaciones con diversos sectores de la sociedad, entre ellos, con estudiantes mismos que, gracias a la suma de su trabajo y esfuerzo, favorecen las experiencias académico-profesionales de las comunidades universitarias. Un ejemplo de ello -sustancial para el trabajo que nos ocupa-, son los capítulos estudiantiles, los cuales, “son agrupaciones de estudiantes asociados a alguna de las diversas instituciones académicas del país, [creados con] la finalidad de promover y divulgar las actividades que realice la sociedad o la asociación respectiva desde su organización central a nivel nacional o internacional” (Universidad Autónoma de Nuevo León, n.d.). En el caso de la Ingeniería Civil, las actividades de estas agrupaciones se relacionan principalmente con las áreas de la disciplina (hidráulica, sistemas y transporte, geotecnia, ambiental, estructuras y construcción), cuya preparación les permite organizar, participar y convocar a compañeras y compañeros en proyectos, conferencias, concursos, y otras actividades correspondientes a su área.

En este sentido, nos centraremos en el caso del Capítulo estudiantil ACI (American Concrete Institute, por sus siglas en inglés) de la FES Aragón, el cual, se ha caracterizado por incursionar en diversas competencias obteniendo resultados sobresalientes tanto a nivel nacional como internacional; uno de los eventos que más han destacado a este respecto, fue su participación en el *Concurso de Bola de Boliche de Concreto Reforzada con Fibras (FRC)* organizado por dicha asociación, y celebrado en la *Convención de Primavera 2016* en Wisconsin, Estados Unidos, quedando entre los 10 mejores lugares (Velasco, 2016, 3).

Dada la frecuencia con que se realizan este tipo de concursos (anualmente a nivel internacional y cada dos años a nivel nacional), fue a partir de las múltiples experiencias del estudiantado participante que se detectaron puntos de mejora en la construcción de los prototipos y moldes empleados para la generación de los

especímenes de concreto. Así, siendo nuestro propósito la difusión de las mejoras introducidas en estos especímenes, expondremos previamente la evaluación de los problemas presentados en los moldes de fibra de vidrio durante el proceso de elaboración de esferas de concreto, empleadas con frecuencia para la participación en este tipo de concursos. La identificación y el análisis de estos problemas resulta fundamental para los primeros pasos de la realización de mejoras que requiere un diseño efectivo, razón por la cual en los siguientes apartados se detallarán con mayor profundidad.

Figura 1

Las esferas evaluadas



Nota: esferas elaboradas para el *Concurso de Bola de Boliche de Concreto Reforzada con Fibras (FRC)* organizado y llevado a cabo por el American Concrete Institute (ACI), en la Convención de Primavera 2016 Wisconsin, Estados Unidos. Tomado de *Estudiantes de Ingeniería Civil sobresalen en certamen internacional* (p. 6), por Verónica Velasco, 2016.

Malformaciones y desviaciones dimensionales

En primer lugar, cabe señalar que la fibra de vidrio

[...] es un material producido por el hombre, cuyo uso se conoce desde 1713. La base de esta materia prima es inorgánica, empleándose ampliamente en distintas ramas como la construcción, aeronáutica, generalmente como aislantes eléctricos y acústicos, y como material de refuerzo para plásticos (PRFV). (Suresh Sadhwani, 2019, 2)

En el caso de la aplicabilidad que nos interesa de este material -el de la construcción y fabricación de especímenes de concreto-, consideraremos las problemáticas principales que hemos identificado antes, durante y después de su elaboración.

Durante el proceso de fabricación de esferas de concreto se observó que las malformaciones y desviaciones dimensionales son problemas comunes ocasionados a raíz de los moldes de fibra de vidrio, las primeras (las malformaciones) son consideradas como aquellas alteraciones o imperfecciones visibles en la superficie del molde o cambios en la geometría deseada de la esfera; en cambio, las desviaciones dimensionales implican que el molde no cumple con las especificaciones de tamaño y forma previamente establecidas.

Cuando una o ambas se presentan en los moldes de fibra de vidrio, implican un impacto directo en la calidad de las esferas de concreto generadas, haciendo que no cumplan con las dimensiones y especificaciones requeridas, puesto que no solo afecta la estética de los productos finales, sino que también compromete su función y utilidad. Además de esto, en muchas ocasiones provoca destinar más tiempo en el proceso de rellenos ajenos al acabado final del molde, como un lijado y relleno de cavidades irregulares formadas en las esferas.

Figura 2

Prueba de resistencia a la compresión del espécimen.



Nota: Prueba de resistencia a la compresión del espécimen. Fotografía tomada por el estudiantado participante en la competencia. 2016.

Es importante mencionar que estas problemáticas se llevan a cabo por varios factores, tales como:

- **Presión del concreto:** Durante el proceso de fraguado del concreto, el diseño es especialmente importante, debido a que se ejerce una presión importante sobre el molde; por lo que un diseño incorrecto ocasiona continuas deformaciones.
- **Flexibilidad del material:** La fibra de vidrio es un material que puede ser relativamente flexible en ciertas condiciones, al someterse a cambios significativos en su estructura al entrar en contacto con agentes externos como químicos, resinas y solventes. Como punto negativo a mencionar es que estas propiedades bajo un mal diseño o errores en el manejo pueden dar lugar a disociaciones estructurales de los moldes.
- **Defectos de fabricación:** La calidad de la fabricación del molde, incluida la precisión en la disposición de las capas de fibra de vidrio y la distribución del material, influyó en la aparición de malformaciones y desviaciones.

Falta de detalles y precisión

Los detalles incluyen texturas, relieves, inscripciones o cualquier otro elemento de diseño que deba transferirse con precisión desde el molde al producto final. La falta de estos y de precisión exponen otro problema que surge en los moldes de fibra de vidrio utilizados en la generación de esferas de concreto, a pesar de que es un material resistente porque tiene propiedades límite en su capacidad para capturar detalles finos o características específicas de diseño.

La falta de detalles y precisión en los moldes puede afectar negativamente la apariencia y la calidad del espécimen, propiciando problemas al momento de concursar, puesto que no cumplen con las especificaciones y normativas que establecen las convocatorias. En el caso del Capítulo estudiantil, la falta de detalles generó que sus productos finales parecieran menos atractivos y funcionales, además se tuvieron que someter a procesos adicionales como lijado y pulido para mejorar su aspecto.

Estas deficiencias son causadas por:

- **Limitaciones del material:** La fibra de vidrio puede no ser tan detallada como otros materiales, tal es el caso de los moldes de metal o de silicona e incluso su superficie puede ser menos suave, lo que afecta la calidad de los detalles.
- **Proceso de fabricación:** Los procesos de fabricación de moldes de fibra de vidrio en ocasiones pueden no ser tan precisos, debido a los métodos manuales con los que fueron fabricados, propiciando inconsistencias en la forma y los detalles.
- **Dificultad de desmoldeo:** En este caso, la falta de detalles en la estructura principal fue el resultado de problemas de desmoldeo, donde el producto final y el molde se dañaron al retirarlo por un mal diseño y el proceso artesanal de elaboración.

Figura 3

Proceso de fabricación del molde.



Nota: Molde de fibra de vidrio con resinas epóxicas. Proceso de secado para una mejor adhesión de los materiales al molde. Fotografía tomada por el estudiantado participante en la competencia. 2016.

Desgaste y Deterioro

El desgaste y el deterioro con el tiempo de los moldes de fibra de vidrio es un problema inevitable, pues a medida que los moldes envejecen, su resistencia y durabilidad se ven comprometidas, afectando significativamente la calidad de las esferas de concreto generadas.

Lo anterior es ocasionado por:

- **Abrasión:** La abrasión causada por el contacto repetido con el concreto desgastó la superficie del molde de fibra de vidrio los cuales solo daban origen a pocas partidas de producción.
- **Exposición al concreto húmedo:** El contacto prolongado con el concreto húmedo debilitó la integridad del molde ya que al mezclarse con las resinas de la fibra de vidrio esta debilita su estructura.
- **Ciclos de uso repetidos:** A medida que se utilizaron los moldes en múltiples ciclos de producción, la acumulación de desgaste se convirtió en un problema afectando los ciclos contemplados para el proceso de elaboración.

Se observó que los moldes desgastados desarrollaron superficies rugosas o dañadas, lo que dio como resultado especímenes con imperfecciones. Además, la resistencia reducida del molde llevó a deformaciones y malformaciones en las esferas.

Problemas de Desmoldeo

Los problemas de desmoldeo son comunes en aquellos de fibra de vidrio, dificultando la extracción de la esfera de concreto del molde sin dañarla, teniendo un impacto significativo en su calidad. Al desmoldar incorrectamente, propició un daño en la superficie del espécimen o incluso la ruptura por completo. Esto dio origen a productos finales defectuosos, desperdicio de material y recursos.

Principalmente surgen estos problemas debido a los siguientes factores:

- **Adherencia del concreto:** El concreto se adhiere fuertemente al molde de fibra de vidrio, lo que causaba que fuera difícil liberar la esfera sin dañarla.

- **Falta de agente de liberación:** La aplicación incorrecta de un agente de liberación causó que el concreto se adhiriera al molde.
- **Diseño del molde:** Los diseños dificultaban el desmoldeo, especialmente al presentar áreas de retención del material vertido al no tener alguna brida de separación entre las dos extremidades del modelo el concreto se expandía por dichas zonas.

Figura 4

Continuación del proceso de secado.



Nota: Continuación del proceso de secado. Fotografía tomada por el estudiantado participante en la competencia. 2016.

Resistencia a químicos

La resistencia a químicos fue un factor importante a considerar y evaluar en los moldes de fibra de vidrio, especialmente cuando se utilizan productos químicos en la fabricación de concreto o cuando los moldes pueden estar expuestos a agentes químicos durante el proceso de fraguado. Algunas de sus causas son:

- **Reacciones químicas:** Algunos componentes del concreto reaccionaban con la fibra de vidrio del molde, debilitándolo y dañándolo haciendo notable su pérdida de propiedades específicas de su estructura.
- **Exposición prolongada:** La exposición continua a productos químicos o agentes agresivos tuvo un efecto acumulativo en la resistencia química del molde.
- **Falta de recubrimiento de protección:** La falta de un revestimiento de protección adecuado en el molde lo hacía susceptible al contacto con productos químicos dañinos comúnmente utilizados en el área de trabajo.

La interacción química entre el concreto y el molde terminaba afectando de manera negativa la estructura del mismo, afectando directamente la calidad de las esferas, por tal razón, cuando el molde se deteriora o debilita por la exposición a productos ajenos, puede afectar la forma y la textura del espécimen, lo que resulta en especímenes finales de baja calidad.

Capítulo 2. Inspección a detalle de los moldes de fibra de vidrio

Evaluación de Moldes de Fibra de Vidrio

La evaluación de los moldes de fibra de vidrio existentes fue un paso crítico en el proceso de mejora de estos moldes para la generación de esferas de concreto, la cual se llevó a cabo de manera sistemática para identificar los problemas existentes, determinar las áreas de mejora y establecer una base sólida para la implementación de soluciones efectivas. A continuación, se describen con mayor detalle los aspectos clave en la evaluación de estos moldes de fibra de vidrio:

Figura 5

Fotografía tomada por el estudiantado participante en la competencia.



Nota: especímenes desmontados del negativo del molde. Fotografía tomada por el estudiantado. 2016.

Inspección visual

La inspección visual es el primer paso en la evaluación de los moldes de fibra de vidrio, que consiste en un examen minucioso de la superficie del molde y cualquier otra área relevante. Cabe señalar que durante esta inspección se logró:

- Identificar problemas obvios de malformación, daño o desgaste en el molde.
- Proporcionar una visión inicial de la condición general del molde y de si se necesitaban mejoras significativas.
- Evaluar la necesidad de reparaciones y mejoras adicionales.

Mediciones dimensionales

La medición dimensional fue esencial para evaluar la precisión y la integridad del molde, lo que implicó tomar medidas precisas de las dimensiones del mismo, comparándolas con las especificaciones de diseño y determinando si hubo desviaciones significativas. Esto permitió:

- Evaluar cuantitativamente la precisión del molde en términos de tamaño y forma.
- Identificar desviaciones dimensionales que pudieron haber causado problemas en las esferas de concreto.
- Obtener datos objetivos para guiar las decisiones sobre las mejoras necesarias en los nuevos diseños y consideraciones.

Pruebas de desgaste

Este tipo de pruebas fueron cruciales para determinar la resistencia del molde a la abrasión y al impacto del concreto durante el proceso de fraguado, además de que permitieron:

- Evaluar la capacidad del molde para resistir la abrasión y el desgaste durante múltiples ciclos de producción.
- Identificar áreas propensas al desgaste y la necesidad de refuerzo o protección adicional.
- Determinar factores importantes en la vida útil del molde y a la reducción de costos a largo plazo.

Es fundamental mencionar que estas pruebas fueron comprobables al momento de llevarse a cabo el proceso de producción.

Evaluación de detalles

La evaluación de detalles se centró en la capacidad del molde para capturar y transferir con precisión detalles finos y características específicas del diseño. Esto se observó en la evaluación de texturas y relieves, permitiendo:

- Determinar si el molde es capaz de producir esferas de concreto con la calidad y el nivel de detalle requeridos.
- Identificar áreas problemáticas que necesitaban ajustes o mejoras en la textura o en la calidad de la superficie.
- Asegurar que el producto final cumpla con las expectativas estéticas y funcionales.

Al final de la evaluación de los moldes de fibra de vidrio, se recopilieron todos los datos y observaciones llegando así a conclusiones claras sobre el estado de los moldes y los problemas identificados, para guiar el proceso de mejora y las decisiones relacionadas con la implementación de soluciones, pues ayudaron a:

- Proporcionar una visión integral de la condición de los moldes y los problemas específicos que deben abordarse.
- Orientar la priorización de mejoras en función de la gravedad de los problemas y su impacto en la calidad de las esferas de concreto.
- Ser punto de partida sólido para la planificación y ejecución de mejoras efectivas al nuevo diseño.

Conclusiones de la inspección y consideraciones del material a elegir para el diseño

La evaluación detallada de los moldes de fibra de vidrio fue un paso fundamental en el proceso de mejora, pues durante esta, se llevaron a cabo una serie de pasos clave para comprender la condición de los moldes existentes y los problemas que presentaban.

La inspección de los moldes de fibra de vidrio no solo nos permitió identificar problemas en su desempeño, sino que también llevó a considerar seriamente la opción de utilizar materiales alternativos con características distintas. Esto se debe a

que los problemas recurrentes en los moldes de fibra de vidrio podrían requerir una solución más fundamental que la mera mejora de la construcción de los moldes existentes.

Al considerar materiales alternativos, se analizaron varias opciones, teniendo en cuenta sus propiedades y ventajas potenciales. Estos materiales incluyen:

1. **Silicona:** La silicona es un material elástico y duradero que puede ser adecuado para la fabricación de moldes, especialmente cuando se requiere flexibilidad y facilidad de desmoldeo.
2. **Polímeros termoplásticos:** Algunos polímeros termoplásticos, como el polietileno de alta densidad o el polipropileno, son conocidos por su resistencia a la abrasión y su capacidad para mantener detalles finos.
3. **Metales:** Los metales, como el aluminio o el acero inoxidable, son extremadamente resistentes y pueden ser adecuados para moldes de alta resistencia y precisión.
4. **Resinas epóxicas:** Las resinas epóxicas son conocidas por su capacidad para capturar detalles y su resistencia química, lo que las hace adecuadas para ciertas aplicaciones.
5. **Poliamidas:** Como el Nylamid, ofrecen una serie de ventajas sobresalientes en la fabricación de moldes para la producción de esferas de concreto. Su alta resistencia mecánica les permite soportar las fuerzas y presiones durante el proceso de fraguado del concreto, evitando malformaciones y desviaciones dimensionales en los moldes. Además, su durabilidad y excepcional resistencia al desgaste prolongan la vida útil de los moldes, evitando problemas de deterioro, así como su fácil manejo y su capacidad de conservar finos detalles en su superficie después de un proceso de mecanizado.

A partir de analizar los distintos materiales, se determinó que el manejo de una poliamida podría ser la mejor opción para el diseño del prototipo.

Capítulo 3. Los moldes y las poliamidas

Los moldes

Los moldes tienen una larga historia que se remonta a la antigüedad, donde se utilizaban herramientas rudimentarias para dar forma geometrías específicas a materiales líquidos o semilíquidos como cerámica y metales, no obstante, con el desarrollo de la revolución industrial, se volvieron más sofisticados y además permitió la producción masiva de una amplia variedad de productos, así como una fabricación eficiente.

A lo largo de los años, los avances tecnológicos en la fabricación de moldes han sido significativos, y actualmente se emplean técnicas de diseño asistido por computadora. En vista de que el diseño es una etapa crucial en el proceso de manufactura, la incorporación de este tipo de programas permite crear modelos tridimensionales de los moldes, facilitando la visualización y el análisis de la geometría del producto final. Además, la simulación de comportamiento sometido a diferentes esfuerzos es una herramienta poderosa para predecir el comportamiento del molde bajo diferentes condiciones de operación, como el flujo de material, la distribución de temperatura y las tensiones mecánicas.

Estas herramientas son esenciales en una variedad de industrias, desde la fabricación de productos de plástico hasta la fundición de metales y la creación de objetos de cerámica. Estos moldes pueden estar hechos de diversos materiales, cada uno con sus propias ventajas y desventajas, dependiendo de la aplicación específica.

Los dispositivos son diseñados para dar forma a materiales en bruto en productos finales específicos. Estos productos finales pueden variar desde piezas de plástico en la industria manufacturera hasta joyería de metal fundido o cerámica artística. La elección del material del molde es un paso crítico en el proceso de fabricación, ya que influye en la calidad y la durabilidad del producto final, así como en la eficiencia del proceso de producción.

Materiales comunes para la fabricación de moldes

Tabla 1

Tipos de materiales para la fabricación de moldes

Material	Descripción	Ventajas	Desventajas
Acero para herramientas	<p>Es uno de los materiales más utilizados en la fabricación de moldes debido a su resistencia, durabilidad y capacidad para mantener tolerancias precisas.</p> <p>Ideal para la producción en masa y se utiliza en industrias como la automotriz y la electrónica.</p> <p>Está disponible en varias categorías, por ejemplo herramientas de trabajo en frío, para herramientas de trabajo en caliente y para herramientas de alta velocidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alta durabilidad. - Resistencia a la deformación térmica - Capacidad para mantener tolerancias precisas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costoso en comparación con otros materiales de molde.
Aluminio	<p>Es un material más ligero que el acero y se enfría rápidamente, por lo que su durabilidad es menor, sin embargo, ha sido una opción popular para moldes utilizados en aplicaciones de bajo volumen o rápida producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ligero. - Buena conductividad térmica. - Rápida disipación de calor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos duradero que el acero.
Bronce	<p>Es utilizado especialmente en aplicaciones de fundición de metales. Es conocido por su resistencia a la corrosión y su capacidad para soportar temperaturas elevadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente a la corrosión. - Alta conductividad térmica. - Adecuado para fundición de metales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos resistente que el acero.
Silicona	<p>Las siliconas son elastómeros que se utilizan para crear moldes flexibles, especialmente en la producción de piezas de resina y caucho. Estos moldes son ideales para formas complicadas y detalles finos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad. - Capacidad para capturar detalles minuciosos. - Facilidad de desmoldeo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos durabilidad que los moldes rígidos (menor cantidad de producción).
Poliamidas	<p>Los moldes de plástico o poliamidas, generalmente hechos de polietileno o polipropileno, se utilizan en la producción de piezas plásticas mediante procesos como la inyección de plástico. Son económicos y pueden fabricarse con rapidez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Costo bajo. - Facilidad de fabricación. - Adecuados para la producción en masa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos durabilidad que los moldes metálicos.

Nota: Cuadro comparativo de materiales. Elaboración propia. (Crawford & Crawford, 1987).

Factores de Selección de Materiales

Al elegir el material para un molde específico, es esencial considerar varios factores clave:

1. **Volumen de producción:** El volumen de producción esperado desempeña un papel crucial en la elección del material del molde. Para producciones a gran escala, el acero para herramientas es una elección sólida debido a su durabilidad. Para producciones más pequeñas o prototipado, el aluminio, la silicona o las poliamidas pueden ser opciones adecuadas.
2. **Tolerancias y detalles:** La precisión y los detalles requeridos en las piezas finales influyen en la elección del material del molde, por ejemplo, los elaborados con moldes de acero para herramientas y bronce son ideales para capturar detalles finos, mientras que las siliconas son excelentes para formas complejas.
3. **Resistencia al desgaste y temperatura:** En aplicaciones de alta temperatura o alta abrasión, como la fundición de metales, se requieren moldes resistentes al calor y al desgaste. En estos casos, el acero para herramientas o el bronce son opciones sólidas.
4. **Costo:** El presupuesto disponible para la fabricación del molde es un factor crítico, ejemplo, los moldes de acero para herramientas suelen ser costosos, mientras que los moldes de plástico o aluminio son más económicos por la facilidad de maquinado y producción.

Con lo anterior, se puede concluir que la elección se basa en las necesidades específicas de la aplicación. Desde el acero para herramientas duraderas hasta la flexibilidad de la silicona, los moldes desempeñan un papel esencial en la creación de productos de alta calidad. La comprensión de los materiales de molde y sus aplicaciones es fundamental para el éxito en la fabricación precisa de las piezas.

La creación de una esfera de concreto puede ser un proyecto desafiante que requiere la selección cuidadosa de materiales para lograr resultados óptimos. Uno de los

factores más críticos en este proceso es la elección del molde adecuado. El Nylamid, un tipo de plástico de ingeniería, es una excelente opción para la fabricación de moldes en esta aplicación específica.

Poliamidas: la mejor opción para el diseño de un prototipo de molde esférico

La poliamida es un polímero artificial que forma parte del grupo de las poliamidas, una clase de materiales plásticos con una estructura semicristalina. Este material ha ganado un lugar prominente en diversas industrias gracias a sus excepcionales propiedades y características únicas que lo hacen tan versátil y valioso.

La estructura de la poliamida es una característica importante que influye en sus propiedades y comportamiento, debido a que cuando los polímeros de poliamida se solidifican durante su síntesis o procesamiento, sus cadenas moleculares pueden adoptar dos formas principales: regiones cristalinas y regiones amorfas. (Crawford & Crawford, 1987)

En las regiones cristalinas, las cadenas se organizan de manera ordenada y tridimensional, formando regiones densas y altamente estructuradas, contrario a las regiones amorfas que presentan una estructura más desordenada. Por tal motivo, la combinación de regiones cristalinas y amorfas proporciona una disposición única y un equilibrio de propiedades en la poliamida.

De igual manera, al proporcionar resistencia y rigidez a la poliamida a través de las regiones cristalinas, y tanto flexibilidad como elasticidad con las regiones amorfas, propicia que sea un material altamente resistente a la tracción, al desgaste y a la deformación, lo que la convierte en una opción confiable en aplicaciones que requieren una larga vida útil y resistencia a las condiciones adversas. (Bou Serra, 2009).

Tipos de nylamid más utilizados en la ingeniería

A continuación, se presenta la ficha técnica de los tipos de nylamid más empleados en la ingeniería, a partir de lo referido en la página oficial de la empresa Tecnoquim, que se dedica a la comercialización y producción de plásticos de calidad para la ingeniería. (*NYLON (NYLTEC) Archivos, s.f.*).

NYLAMID SL/ NYLTEC CM

Figura 6

NYLAMID SL/ NYLTEC CM



Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC CM. (Tecnoquim, s.f.).

Nylon casting 6 cuya cristalización ha sido mejorada por la adición de bisulfuro de molibdeno, a consecuencia de esto su dureza superficial aumenta, ofreciendo una excelente maquinabilidad y una mejora simultánea en sus propiedades antifriccionantes. Debido a que su estructura cristalina se rompe inmediatamente antes de alcanzar el punto de fusión las propiedades térmicas del material son mejoradas con respecto al natural.

El Bisulfuro de molibdeno (MoS₂) aporta al material una mejora marginal en su resistencia al desgaste, esto combinado con una más baja absorción de humedad amplía el rango de aplicaciones de este grado es adecuado para rodamientos dinámicos a temperaturas elevadas de operación (sobre 105 °C). Una mejora adicional que puede hacerse a este grado, al igual que al resto de grados de NYLTEC, es la resistencia de la luz ultravioleta (UV), con ello la degradación del material, por ser utilizado en exteriores puede ser minimizado, asegurando un comportamiento consistente de la pieza a lo largo de la vida útil de esta.

Características

- Alta absorción de humedad, arriba del 3% en condiciones atmosféricas normales. Da como resultado un incremento en la resistencia al impacto. Tomar en cuenta que, a menor espesor, la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional se reducen.
- Excelentes propiedades deslizantes
- Muy alta resistencia a la abrasión
- Alta resistencia mecánica junto con una alta resistencia al impacto.
- Excelente para maquinar
- Buenas propiedades adhesivas
- Cargado con bisulfuro de molibdeno dándole lubricidad, reduciendo el coeficiente de fricción.

Colores

- Negro

Áreas de aplicación

Generalmente partes de repuesto expuestas a alto peso; frecuentemente usado como un sustituto del aluminio o bronce. También permite la producción de partes de gran volumen.

- **Ingeniería mecánica**

Partes deslizantes, rodillos, bujes.

- **Industria en general**

Carretillas (Bogies), tornos de cable.

- **Industria automotriz**

Partes deslizantes, equipos de elevación, poleas.

- **Industria alimenticia**

Partes deslizantes, estrellas, guías para llenado y sinfines. (NYLTEC CM, n.d.)

Figura 7

NYLTEC CM Características Técnicas

	Método de prueba	Unidades	Valor
Propiedades Generales			
Densidad	DIN EN ISO 1183-1	g/cm ³	1.15
Absorción de agua	DIN EN ISO 62	%	2.5
Inflamabilidad (3mm / 6mm)	UL 94		HB / HB
Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo de Cedencia	DIN EN ISO 527	MPa	82
Porcentaje de elongación	DIN EN ISO 527	%	≥35
Modulo de elasticidad	DIN EN ISO 527	MPa	3500
Prueba de impacto (charpy)	DIN EN ISO 179	KJ/m ²	≥2.5
Prueba de penetración con bola	DIN EN ISO 2039-1	MPa	185
Dureza Shore	DIN EN ISO 868	Escala D	83
Propiedades Térmicas			
Temperatura de fusión	ISO 11357-3	°C	216
Conductividad térmica	DIN 52612-1	W / (m * K)	0.25
Capacidad térmica	DIN 52612	kJ / (kg * K)	1.7
Coeficiente de expansión térmica lineal	DIN 53752	10 ⁻⁶ K ⁻¹	80
Temperatura de servicio, largo plazo	Promedio	°C	-40 ... 110
Temperatura de servicio, corto plazo (máx.)	Promedio	°C	170
Temperatura de deflexión térmica	DIN EN ISO 75, método A	°C	95

Nota: Ficha Técnica. (Tecnoquim, s.f., 3).

Nylamid XL/NYLTEC OILON

Figura 8

Nylamid XL/NYLTEC OILON



Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC OILON, (Tecoquim, s.f.).

El Oilon fue un parteaguas de primera magnitud en el mundo del nylon, desarrollado en los años 70's y comercializado por primera vez en 1974. Fue el primer plástico realmente lubricado, a base de un sistema de lubricantes líquidos insertados en el material durante las diferentes etapas de fabricación, dando por resultado un incremento muy importante en su vida media, cinco veces superior al del NYLTEC NAT y hasta 25 veces más que la del bronce fosforado.

El lubricante que se añade a este caso jamás migrará a la superficie, escurrirá o se secará, por lo cual jamás requerirá ser reemplazado, esto sucede porque el lubricante está homogéneamente disperso por todo el material, lo que asegura un desempeño constante de la pieza a lo largo de toda su vida útil, mejorando sustancialmente su resistencia a la abrasión. Se han desarrollado recientemente aplicaciones en las cuales los plásticos normalmente no eran seleccionados, especialmente aquellas con partes no lubricadas y en movimiento. Su desarrollo ha sido por demás exitoso en los años recientes y sus posibilidades de uso son muy vastas.

Material modelo en su tipo con múltiples aplicaciones tanto en la industria alimenticia, como en la farmacéutica.

Colores

- Amarillo y Verde

Características

- Alta absorción de humedad, arriba del 3% en condiciones atmosféricas normales. Da como resultado un incremento en la resistencia al impacto. Tomar en cuenta que a menor espesor, la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional se reduce.
- Excelentes propiedades deslizantes
- Alta resistencia a la abrasión
- Alta resistencia mecánica junto con una alta resistencia al impacto
- Excelente para maquinar
- Buenas propiedades adhesivas
- Buena Soldabilidad
- Cargado con aceite haciendo su coeficiente fricción más bajo
- Se puede trabajar con alimentos

Áreas de aplicación

Generalmente partes de repuesto expuestas a alto peso; frecuentemente usado como un sustituto del aluminio o bronce. También permite la producción de partes de gran volumen.

- **Ingeniería mecánica**

Partes deslizantes, rodillos, bujes.

- **Industria en general**

Carretillas (Bogies), tornos de cable

- **Industria Automotriz**

Partes deslizantes, equipos de elevación, poleas.

- **Industria alimentaria**

Partes deslizantes, estrellas para llenado y sinfines. (Tecnoquim, s.f.)

Figura 9

Características técnicas

	Método de prueba	Unidades	Valor
Propiedades Generales			
Densidad	DIN EN ISO 1183-1	g/cm ³	1.14
Absorción de agua	DIN EN ISO 62	%	2.0
Inflamabilidad (3mm / 6mm)	UL 94		HB / HB
Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo de Cedencia	DIN EN ISO 527	MPa	70
Porcentaje de elongación	DIN EN ISO 527	%	≥50
Modulo de elasticidad	DIN EN ISO 527	MPa	3300
Prueba de impacto (charpy)	DIN EN ISO 179	KJ/m ²	≥4.0
Prueba de penetración con bola	DIN EN ISO 2039-1	MPa	165
Dureza Shore	DIN EN ISO 868	Escala D	82
Propiedades Térmicas			
Temperatura de fusión	ISO 11357-3	°C	213
Conductividad térmica	DIN 52612-1	W / (m * K)	0.25
Capacidad térmica	DIN 52612	kJ / (kg * K)	1.7
Coeficiente de expansión térmica lineal	DIN 53752	10 ⁻⁶ K ⁻¹	80
Temperatura de servicio, largo plazo	Promedio	°C	-40 ... 110
Temperatura de servicio, corto plazo (máx.)	Promedio	°C	160
Temperatura de deflexión térmica	DIN EN ISO 75, método A	°C	90

Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC OILON, (Tecnoquim, s.f., p.3).

Nylamid 901/NYLTEC HS BLUE

Figura 10

Nylamid 901/NYLTEC HS BLUE



Nota: *Nylamid 901/NYLTEC HS BLUE*. (Tecnoquim, s.f.).

Este grado fue especialmente desarrollado para satisfacer el mercado japonés, para el cual es el color predominante.

Adicionalmente al sistema de pigmentación que incluye su formulación, se incluyen aditivos que lo convierten en grado UV (resistente a la luz ultravioleta y especialmente estabilizado al contacto con el calor), lo cual le permite operar satisfactoriamente en aplicaciones a temperaturas elevadas sin perder sus excelentes propiedades mecánicas.

Colores

- Azul

Características

- Alta absorción de humedad, arriba del 3% en condiciones atmosféricas normales.

- Da como resultado un incremento en la resistencia al impacto. Tomar en cuenta que, a menor espesor, la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional se reducen.
- Excelentes propiedades deslizantes
- Alta resistencia a la abrasión
- Alta resistencia mecánica junto con una alta resistencia al impacto
- Excelente para maquinar
- Buenas propiedades adhesivas
- Buena soldabilidad
- Protección de rayos UV
- Soporta temperaturas hasta de 115° en operación

Áreas de aplicación

Generalmente partes de repuesto expuestas a alto peso; frecuentemente usado como un sustituto del aluminio o bronce. También permite la producción de partes de gran volumen.

Ingeniería mecánica

- Partes deslizantes, rodillos, bujes. (Tecnoquim, s.f.).

Figura 11

Características técnicas

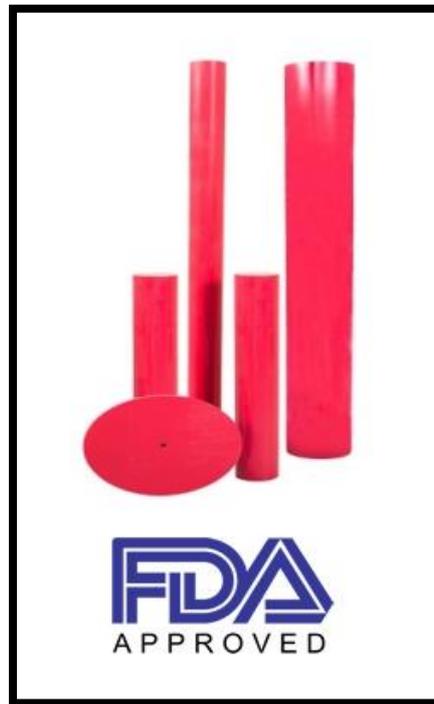
	Método de prueba	Unidades	Valor
Propiedades Generales			
Densidad	DIN EN ISO 1183-1	g/cm ³	1.15
Absorción de agua	DIN EN ISO 62	%	2.5
Inflamabilidad (3mm / 6mm)	UL 94		HB / V2
Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo de Cedencia	DIN EN ISO 527	MPa	75
Porcentaje de elongación	DIN EN ISO 527	%	≥15
Modulo de elasticidad	DIN EN ISO 527	MPa	3700
Prueba de impacto (charpy)	DIN EN ISO 179	KJ/m ²	≥2.5
Prueba de penetración con bola	DIN EN ISO 2039-1	MPa	170
Dureza Shore	DIN EN ISO 868	Escala D	82
Propiedades Térmicas			
Temperatura de fusión	ISO 11357-3	°C	216
Conductividad térmica	DIN 52612-1	W / (m * K)	0.25
Capacidad térmica	DIN 52612	kJ / (kg * K)	1,7
Coefficiente de expansión térmica lineal	DIN 53752	10 ⁻⁶ K ⁻¹	80
Temperatura de servicio, largo plazo	Promedio	°C	-40 ... 120
Temperatura de servicio, corto plazo (máx.)	Promedio	°C	180
Temperatura de deflexión térmica	DIN EN ISO 75, método A	°C	95

Nota: Características técnicas de NYLTEC HS BLUE. (NYLTEC HS BLUE, s.f., 3).

NYLTEC NYLUBE

Figura 12

NYLTEC NYLUBE



Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC NYLUBE (Tecnoquim, s.f.).

Posee un sistema de lubricantes líquidos y sólidos que permiten abatir su coeficiente de fricción a un valor de 0.08, por debajo prácticamente de cualquier plástico disponible en el mercado.

Este ha mejorado de manera muy importante la resistencia al desgaste rebasando por mucho los materiales ofrecidos hoy día en la industria del plástico, manteniendo adicionalmente un excelente balance de propiedades mecánicas. Por sus características, este material es particularmente útil en las aplicaciones de rodamientos sometidos a condiciones elevadas de carga, temperatura (hasta de 115 °C) y velocidad. NYLUBE tiene la posibilidad de ser cargado con fibra de vidrio, lo cual permite que su temperatura de operación sea de hasta 170°C, aumentando también sustancialmente su resistencia a la abrasión (material fabricado bajo pedido).

Colores:

- Rojo

Características:

- Alta absorción de humedad, arriba del 3% en condiciones atmosféricas normales.
- Da como resultado un incremento en la resistencia al impacto. Tomar en cuenta que a menor espesor, la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional se reducen.
- Las mejores propiedades deslizantes y de desgaste.
- Permite cargas más grandes y velocidades de deslizamiento (Valor Límite PV, Presión/Velocidad, 5 veces mayor al del NYLTEC NAT)
- Alta resistencia mecánica junto con una alta resistencia al impacto.
- Excelente para maquinar
- Buenas propiedades adhesivas
- Buena soldabilidad

Resistencia química

Altamente resistente a: Hidrocarburos, alcalinos, grasas, aceites, combustibles, éteres, esteres y cetonas.

No resistente a: Ácidos minerales y ciertos ácidos orgánicos, halógenos y agentes oxidantes.

Áreas de aplicación

Partes que requieren buenas propiedades deslizantes, particularmente bajo grandes cargas y con velocidad de deslizamiento.

Ingeniería mecánica

Partes deslizantes, elementos deslizantes, bujes (Tecnoquim, s.f.).

Figura 13

Características técnicas

	Método de prueba	Unidades	Valor
Propiedades Generales			
Densidad	DIN EN ISO 1183-1	g/cm ³	1.14
Absorción de agua	DIN EN ISO 62	%	2.0
Inflamabilidad (3mm / 6mm)	UL 94		HB / HB
Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo de Cedencia	DIN EN ISO 527	MPa	70
Porcentaje de elongación	DIN EN ISO 527	%	30
Modulo de elasticidad	DIN EN ISO 527	MPa	3400
Prueba de impacto (charpy)	DIN EN ISO 179	KJ/m ²	≥4.0
Prueba de penetración con bola	DIN EN ISO 2039-1	MPa	170
Dureza Shore	DIN EN ISO 868	Escala D	82
Propiedades Térmicas			
Temperatura de fusión	ISO 11357-3	°C	214
Conductividad térmica	DIN 52612-1	W / (m * K)	0.25
Capacidad térmica	DIN 52612	kJ / (kg * K)	1.7
Coefficiente de expansión térmica lineal	DIN 53752	10 ⁻⁶ K ⁻¹	80
Temperatura de servicio, largo plazo	Promedio	°C	-40 ... 110
Temperatura de servicio, corto plazo (máx.)	Promedio	°C	160
Temperatura de deflexión térmica	DIN EN ISO 75, método A	°C	90

Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC NYLUBE, (Tecnoquim, s.f., p.3).

NYLAMID M/ NYLTEC NAT

Figura 14

NYLAMID M/ NYLTEC NAT



Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC NAT, (Tecnoquim, s.f.).

Este nylon es un tipo de poliamida fabricada por procesos de vaciado (casting) que implica una polimerización anódica de la caprolactama. Este proceso permite la obtención de placas, barras y perfiles semiterminados libres de esfuerzos internos.

El nylon grado natural es el grado básico del nylon 6, generalmente reconocido como el plástico de ingeniería más elemental, es apropiado para cualquier aplicación, sin mencionar un sinnúmero de opciones adicionales en donde encuentra un uso.

Modificando las condiciones de polimerización se pueden alterar sus propiedades mecánicas, para cubrir una amplia variedad de aplicaciones, así el comportamiento del polímero puede ser perfeccionado de igual forma por la incorporación de aditivos, cargas lubricantes y colorantes diversos.

Si se compara con nylon inyectados y extruidos, el nylon natural los supera por sus mejores características térmicas y mecánicas, adicionalmente este material ofrece mejores características en resistencia a la tensión, compresión e impacto, así como operación en frío y envejecimiento por calor, las razones de lo anterior son por su alta cristalinidad y peso molecular.

Colores

- Blanco y Negro

Características

- Alta absorción de humedad, arriba del 3% en condiciones atmosféricas normales.
- Da como resultado un incremento en la resistencia al impacto.
- Tomar en cuenta que a menor espesor, la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional se reducen.
- Excelentes propiedades deslizantes
- Muy alta resistencia a la abrasión
- Alta resistencia mecánica junto con una alta resistencia al impacto.

- Excelente para maquinar
- Buenas propiedades adhesivas
- Buena soldabilidad

Resistencia química

Altamente resistente a: Hidrocarburos, alcalinos, grasas, aceites, combustibles, éteres, ésteres y cetonas.

No resistente a: Ácidos minerales y ciertos ácidos orgánicos, halógenos y agentes oxidantes.

Áreas de aplicación

Generalmente partes de repuesto expuestas a alto peso; frecuentemente usado como un sustituto del aluminio o bronce. También permite la producción de partes de gran volumen.

Ingeniería mecánica

- Partes deslizantes, rodillos, bujes.

Industria en general

- Caretilas (Bogies), tornos de cable.

Industria automotriz

- Partes deslizantes, equipos de elevación, poleas.

Industria alimenticia

- Partes deslizantes, estrellas para llenado y sinfines.

Figura 15

Características técnicas

	Método de prueba	Unidades	Valor
Propiedades Generales			
Densidad	DIN EN ISO 1183-1	g/cm ³	1.15
Absorción de agua	DIN EN ISO 62	%	2.5
Inflamabilidad (3mm / 6mm)	UL 94		HB / HB
Propiedades Mecánicas			
Esfuerzo de Cedencia	DIN EN ISO 527	MPa	75
Porcentaje de elongación	DIN EN ISO 527	%	≥45
Modulo de elasticidad	DIN EN ISO 527	MPa	3400
Prueba de impacto (charpy)	DIN EN ISO 179	KJ/m ²	≥3.0
Prueba de penetración con bola	DIN EN ISO 2039-1	MPa	180
Dureza Shore	DIN EN ISO 868	Escala D	83
Propiedades Térmicas			
Temperatura de fusión	ISO 11357-3	°C	216
Conductividad térmica	DIN 52612-1	W / (m * K)	0.25
Capacidad térmica	DIN 52612	kJ / (kg * K)	1.7
Coefficiente de expansión térmica lineal	DIN 53752	10-6K-1	80
Temperatura de servicio, largo plazo	Promedio	°C	-40 ... 110
Temperatura de servicio, corto plazo (máx.)	Promedio	°C	170
Temperatura de deflexión térmica	DIN EN ISO 75, método A	°C	95
Propiedades Eléctricas			
Constante dieléctrica	IEC 60250		3.7
Factor de disipación eléctrica (50Hz)	IEC 60250		0.02
Resistividad de volumen	IEC 60093	Ω*cm	10 ¹⁵
Resistividad de superficie	IEC 60093	Ω	10 ¹³
Índice de encaminamiento eléctrico	IEC 60112		600
Rígidez dieléctrica	IEC 60243	kV/mm	20

Nota: PRODUCTOS, NYLON, NYLTEC NAT, (Tecnoquim, n.d.).

EI NYLAMID M / NYLAMID NAT: la mejor elección para generar un molde esférico de concreto

El diseño y fabricación de moldes para esferas de concreto es una tarea crítica a resolver, puesto que la precisión y calidad del molde determinan en gran medida la forma, resistencia y acabado de las esferas producidas. En este contexto, el Nylamid M / Nylamid Nat se ha destacado como una opción superior para generar un molde esférico de concreto en comparación con otros materiales, lo que lo hace que sea una elección óptima para garantizar la versatilidad, durabilidad y eficiencia en la producción de esferas de concreto.

Propiedades Específicas del Nylamid M / Nylamid Nat

El Nylamid M / Nylamid Nat es una variante especial de la familia de poliamidas conocida como nylon. Se caracteriza por poseer una alta resistencia mecánica, excelente estabilidad dimensional, baja fricción y gran resistencia a la abrasión. Estas propiedades únicas hacen que este tipo de Nylamid sea un material idóneo para aplicaciones industriales exigentes, incluido el diseño y construcción de moldes esféricos para el vertido de concreto y fibra.

En comparación con otros materiales, esta poliamida se destaca por su ligereza, lo que facilita su manipulación y transporte durante la fabricación y montaje del molde. Esta característica es especialmente valiosa en moldes de gran tamaño, donde se requiere una construcción robusta pero sin agregar un peso excesivo al molde.

Esta poliamida se puede moldear con facilidad y precisión, lo que nos permite crear moldes esféricos con sus formas complejas y detalles precisos. La flexibilidad del material en el proceso de moldeo garantiza que el molde se ajuste perfectamente a la forma deseada de la esfera, lo que resulta en un acabado final impecable y libre de defectos.

Se pueden fabricar moldes bipartidos con cavidades negativas, lo que permite una fácil extracción de la esfera de concreto una vez que ha fraguado. La posibilidad de diseñar moldes bipartidos facilita el proceso de desmoldeo y evita posibles daños en la esfera de concreto durante su extracción.

La durabilidad del material es una de las principales razones por las cuales se ha convertido en una opción preferida para generar estos moldes. Su alta resistencia mecánica permite que el molde soporte sin problemas las presiones y cargas asociadas con el vertido del concreto, evitando deformaciones no deseadas y asegurando la integridad del molde a lo largo de múltiples ciclos de producción.

En contraste con otros materiales, el material tiene muchas ventajas a la resistencia química y no es propenso a la corrosión, lo que prolonga la vida útil del molde y garantiza su uso eficiente durante largos períodos. Esta resistencia a la corrosión es

especialmente relevante en entornos con exposición a la humedad o la presencia de productos químicos, donde otros materiales pueden degradarse con el tiempo.

Otra ventaja clave del material en la generación de estos moldes esféricos es su baja adherencia al concreto. Esto significa que el concreto tiene una menor tendencia a adherirse a la superficie del molde, facilitando así el proceso de desmoldeo y evitando posibles daños en las esferas de concreto al extraerlas del molde.

Al reducir la adherencia del concreto, el Nylamid M / Nylamid Nat elimina la necesidad de aplicar agentes desmoldantes, lo que simplifica el proceso de producción y mejora la eficiencia. Además, al eliminar la necesidad de desmoldantes, se contribuye a la producción de especímenes más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente evitando así el uso de productos químicos ajenos al plástico y el concreto para garantizar un desmoldeo efectivo.

La elección de este plástico de ingeniería como material para la generación de los especímenes deseados se basa en una cuidadosa evaluación de sus propiedades específicas y la comprensión de cómo estas características se alinean con los requisitos del proceso de producción.

La versatilidad y facilidad de maquinado de esta poliamida nos permite crear moldes personalizados que se adapten perfectamente a la forma deseada. Esta resulta ser una elección sobresaliente para la creación de un molde con estos requerimientos debido a sus propiedades excepcionales, incluida su resistencia mecánica, resistencia al desgaste, baja absorción de humedad, estabilidad dimensional, resistencia química, facilidad de mecanizado, peso ligero y costo efectivo, garantizando así alta calidad y precisión.

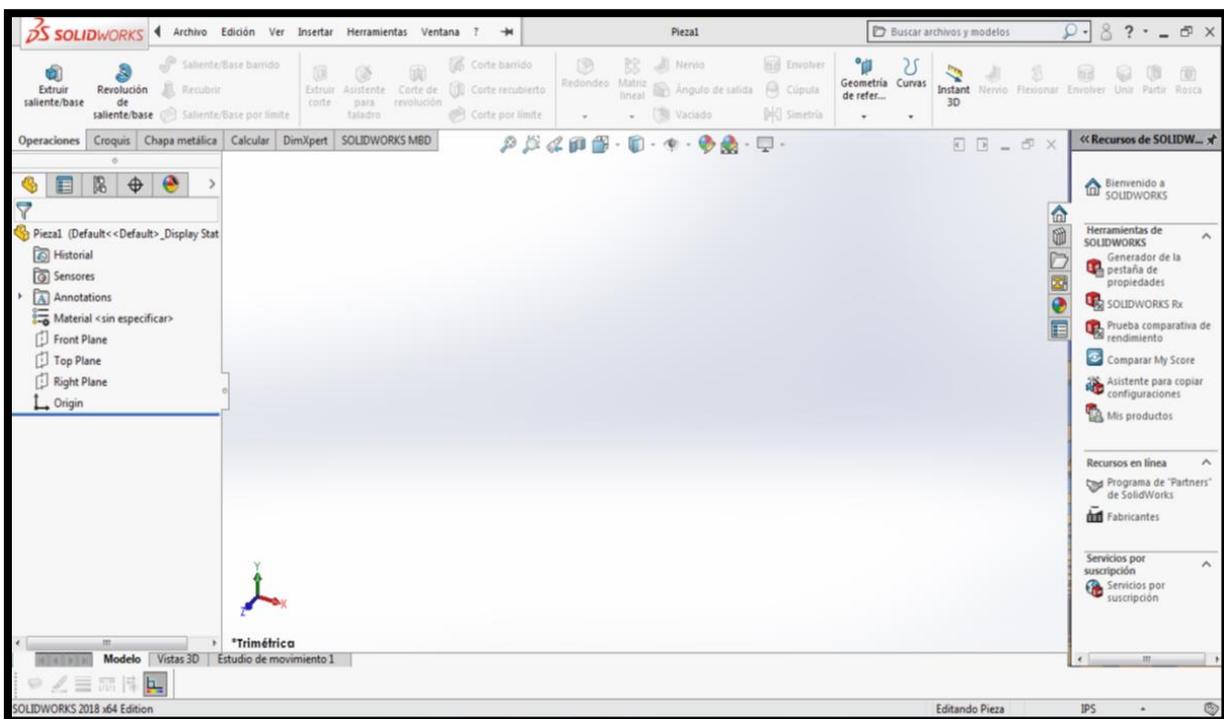
De acuerdo a las especificaciones del proyecto las siguientes características y parámetros deberá tener el material que se inyectará. La fabricación de una bola de boliche de alta calidad requiere la selección cuidadosa de materiales y un proceso de curado adecuado para garantizar su resistencia y durabilidad. En este texto, se detallarán los lineamientos para el uso de materiales y el curado del concreto reforzado con fibra en la producción de la bola de boliche.

Capítulo 4. Diseño del molde con la herramienta SOLIDWORKS

®

SolidWorks es un software de modelado 3D ampliamente utilizado en la industria de la ingeniería y el diseño, el cual ofrece una amplia gama de herramientas y funciones que permiten a los diseñadores crear modelos detallados y precisos, lo que lo convierte en una herramienta ideal para el diseño de moldes de alta complejidad y precisión.

Figura 16



Pantalla de inicio del programa SOLIDWORKS 2018.

Nota: Interfaz de inicio del software solidworks 2018 para el modelado y diseño del molde.

Una de las principales ventajas de SolidWorks es su interfaz intuitiva y amigable, que facilita la creación y modificación de modelos en 3D. Además, SolidWorks cuenta con

herramientas específicas para el diseño de moldes, como la generación automática de cavidades y la creación de núcleos y ejectores, lo que agiliza el proceso de diseño y mejora la eficiencia del trabajo.

En el proceso de diseño del modelo se inicia creando una geometría básica del molde, teniendo en cuenta las dimensiones y características deseadas.

Luego, se agregan detalles como las cavidades para las esferas, los sistemas de sujeción y expulsión, y otros componentes necesarios para el proceso de inyección y desmoldeo.

Durante el proceso de modelado, es posible realizar simulaciones y análisis de resistencia estructural para garantizar que el diseño del molde cumpla con los requisitos mecánicos y térmicos necesarios. Esto permite identificar posibles áreas de tensión o deformación excesiva y realizar ajustes para mejorar la durabilidad y eficiencia del molde.

Una vez que se ha creado el modelo 3D del molde, se procede a la optimización del diseño. Esto implica revisar y analizar diferentes opciones y alternativas para asegurar que el molde sea lo más eficiente y económico posible. En esta etapa, se pueden realizar modificaciones en la geometría, la disposición de las cavidades y los sistemas de expulsión, entre otros aspectos.

Diseño de un prototipo de molde con NYLAMID M

Se diseñó un molde de Nylamid M, molde de inyección bipartido con cavidades negativas para la formación de una esfera de 20 cm de diámetro con dos cavidades para el vaciado del cemento.

La toma de decisiones para el diseño de este molde es debido a la versatilidad y propiedades específicas del Nylamid ya que nos ofrece propiedades de alta eficiencia y durabilidad.

El molde de inyección diseñado es de tipo bipartido, lo que significa que consta de dos mitades que se pueden unir para formar una cavidad. La forma de la cavidad es

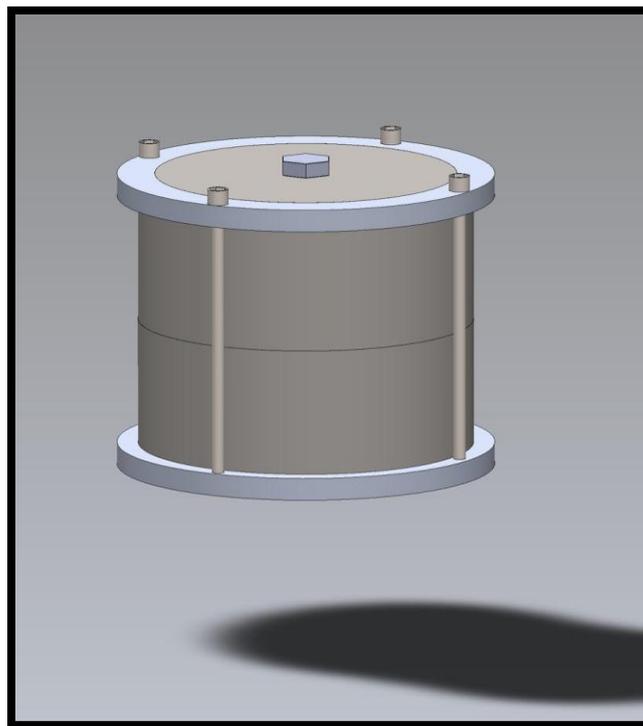
esférica, con un diámetro de 20 cm, lo que permite obtener esferas de cemento consistentes en tamaño y forma. Además, el diseño incorpora dos cavidades negativas estratégicamente ubicadas para facilitar el vaciado del cemento y mejorar el proceso de desmoldeo una vez que el material ha fraguado.

Una propiedad clave del diseño del molde es su capacidad para resistir la adherencia del cemento. Durante la fabricación de las esferas, el cemento se vierte en la cavidad del molde y, una vez fraguado, debe liberarse sin problemas. El diseño proporciona una superficie no porosa y antiadherente, lo que garantiza que las esferas puedan separarse del molde sin dañar su forma y acabado.

La multifuncionalidad del diseño y los materiales en aplicaciones industriales es un factor determinante para su elección en este proyecto. Su adaptabilidad y facilidad de mecanizado hacen que sea una opción preferida en este modelo.

Figura 17

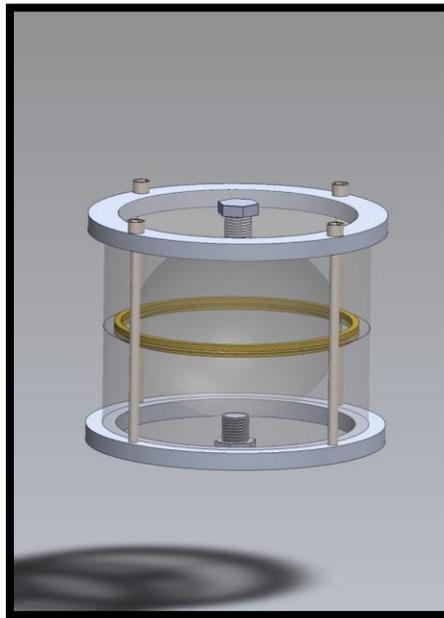
Prototipo de molde Nylamid M ensamblado.



Nota: Isométrico ensamble. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 18

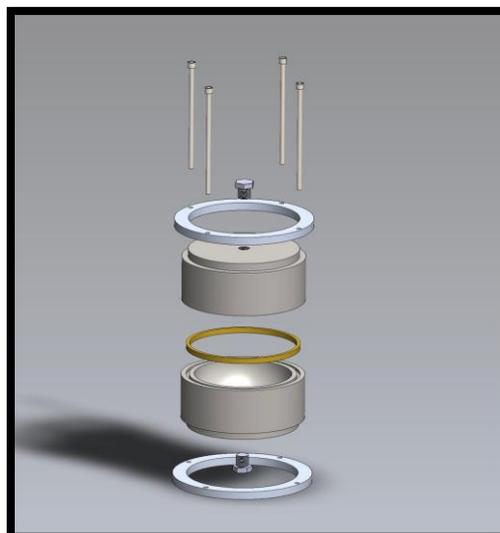
Prototipo de molde Nylamid M transparente visualización esfera.



Nota: Isométrico ensamble cavidades transparentes. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 19

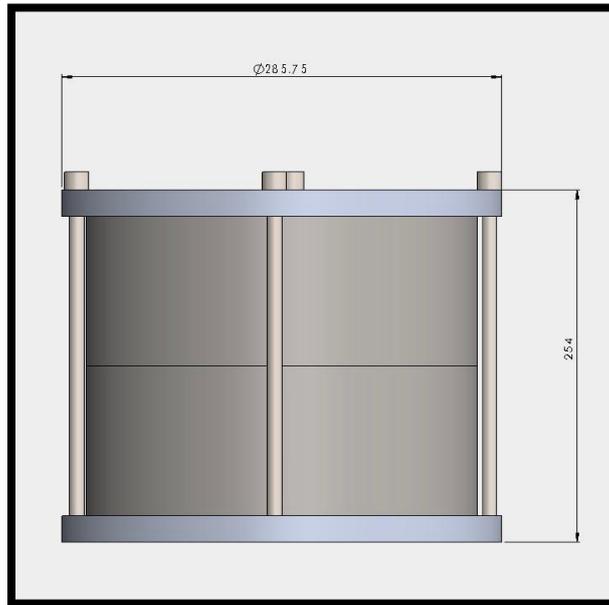
Prototipo molde Nylamid M despegado.



Nota: Isométrico desplegado de elementos. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 20

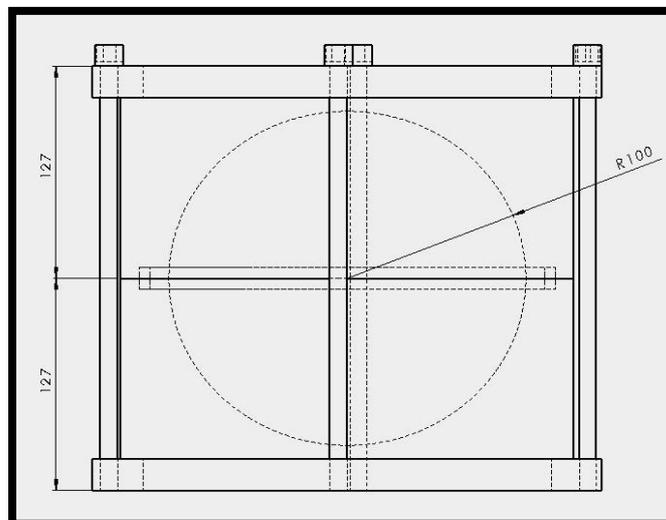
Prototipo molde Nylamid M vista Alzado.



Nota: Prototipo molde Nylamid M vista Alzado con acotaciones. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 21

Prototipo molde Nylamid M vista Alzado, líneas.



Nota: Vista líneas. Alzado. . Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Elementos del molde

Piezas de ensamble

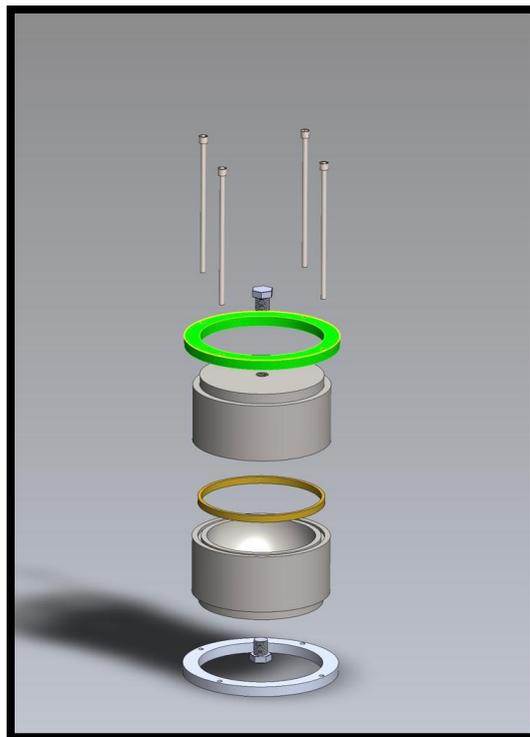
Para nuestro molde utilizaremos piezas de ensamble de fácil manipulación, lavado e interacción con los operadores.

La selección de las piezas de ensamble y los materiales utilizados en la construcción del molde puede influir significativamente en la calidad del producto final, así como en la eficiencia y facilidad de operación del proceso de moldeo

Nuestras piezas de ensamble constan de dos aros maquinados en acero inoxidable T304, uno de ellos cuenta con 4 barrenos pasados para facilitar la entrada del tornillo y la otra con 4 barrenos, estos con cuerda M6 para la correcta sujeción de los elementos de fijación.

Figura 22

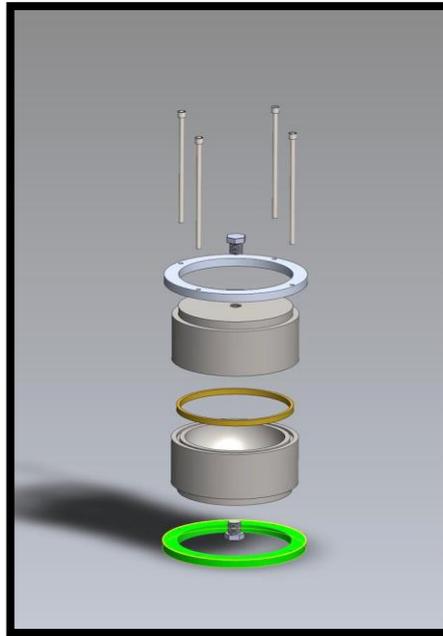
Prototipo molde Nylamid M desplegado brida de ensamble 1.



Nota: Isométrico desplegado, brida de ensamble. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 23

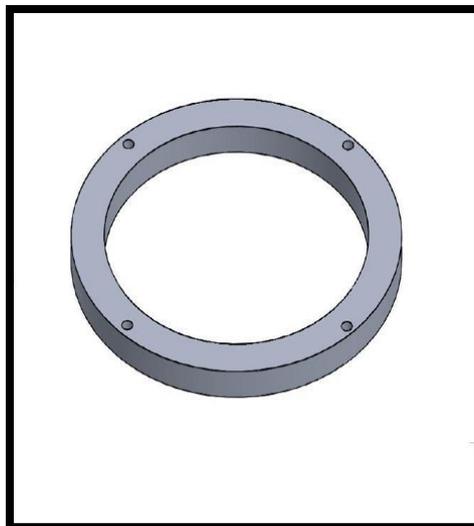
Prototipo molde Nylamid M desplegado brida de ensamble 2.



Nota: Isométrico desplegado brida de ensamble inferior. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 24

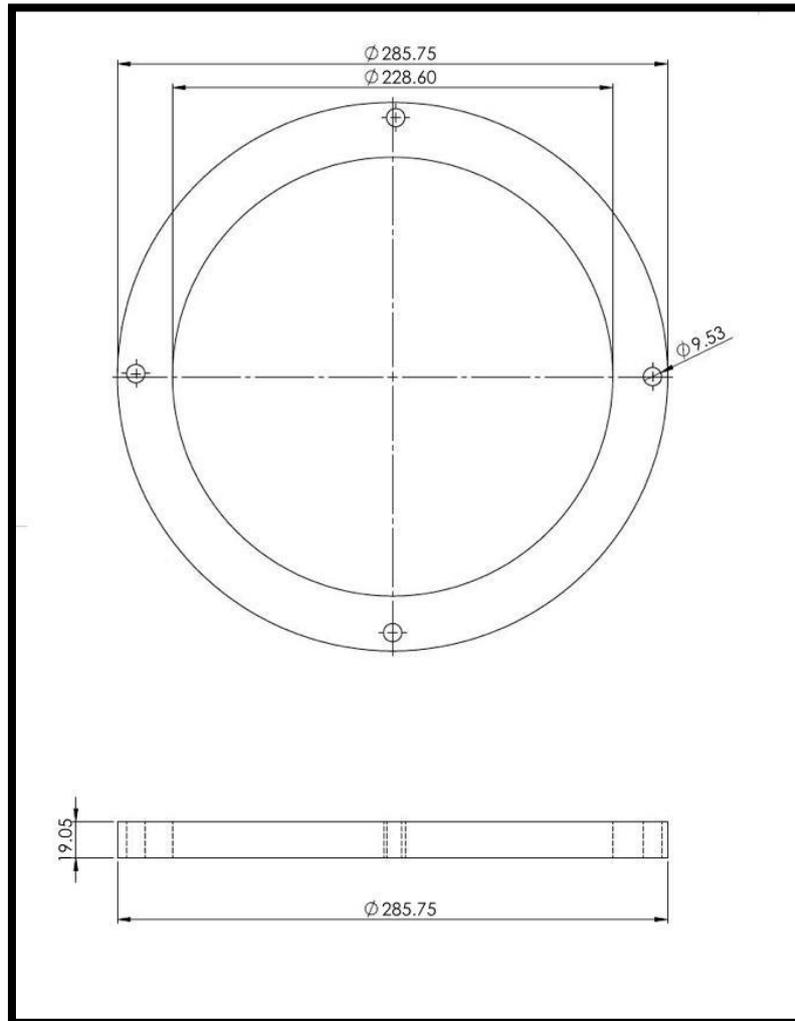
Brida de ensamble.



Nota: Isométrico brida de ensamble. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 25

Vista planta y acotaciones brida de ensamble.



Nota: Dimensiones vista planta y frontal brida de ensamble 1,2. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Piezas de sellado

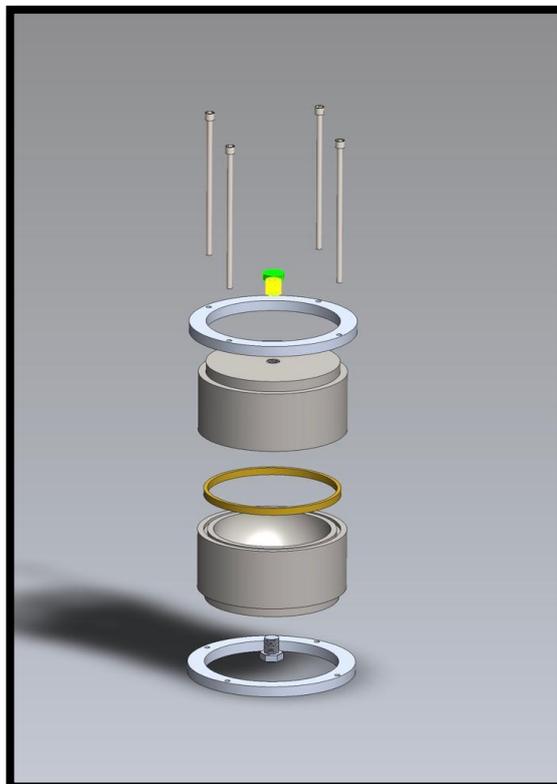
Las piezas de sellado son constituidas por dos tapones de Nylamid y una roldana de bronce ubicados estratégicamente para una vez vertido el concreto con la fibra dentro del molde bipartido para la formación de la esfera, estos tapones propician el correcto sellado y protección de fugas del material vaciado y la rondana evita fugas entre los dos bloques del material.

En el proceso de moldeo de esferas de concreto, la correcta formación y el sellado del molde son esenciales para obtener productos finales de alta calidad y durabilidad. Las piezas de sellado, en este caso, los tapones de Nylamid y la rondana de separación, tienen la función de crear una barrera efectiva contra posibles fugas de material durante el vertido del concreto en el molde bipartido.

Al igual que son de suma importancia los tapones para propiciar un correcto sellado es igualmente importante la rondana de separación entre la cavidad positiva y negativa de nuestro molde ya que nos ayuda a prevenir fugas no deseadas y un correcto acoplamiento de nuestras piezas.

Figura 26

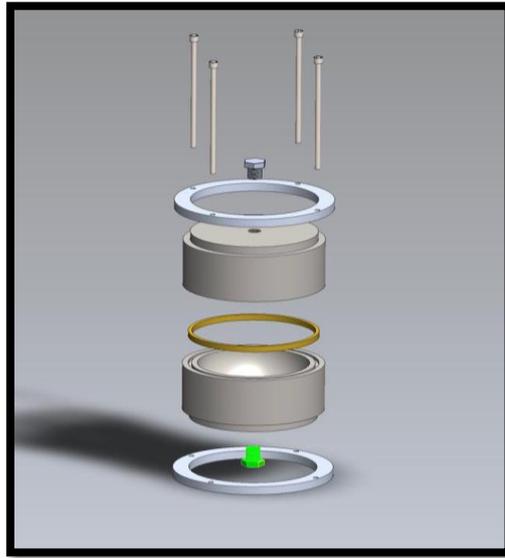
Prototipo molde Nylamid M desplegado piezas de sellado 1.



Nota: Isométrico desplegado tapón de sellado 1 superior. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 27

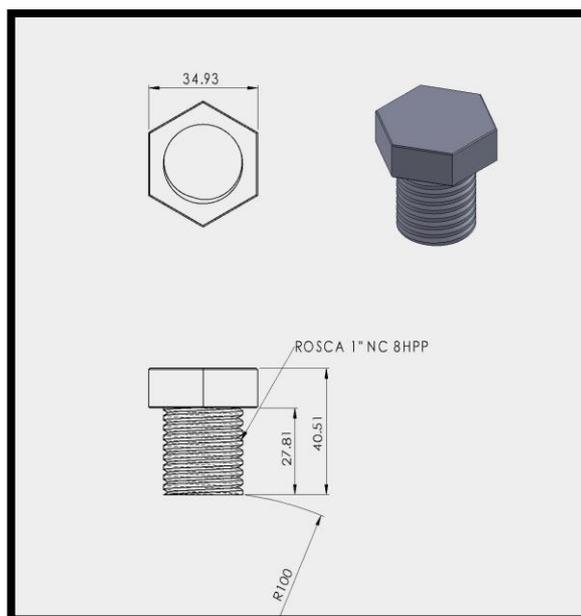
Prototipo molde Nylamid M desplegado piezas de sellado 2.



Nota: Isométrico desplegado tapón de sellado 2 inferior. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 28

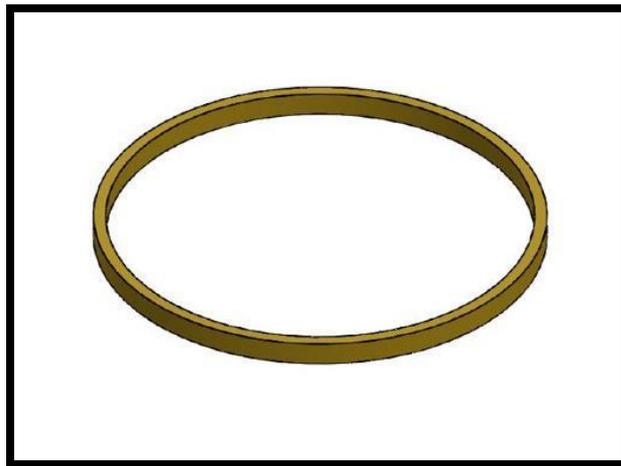
Tapón de sellado, vistas.



Nota: Isométrico y líneas desplegadas con tapón de sellado superior e inferior. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 29

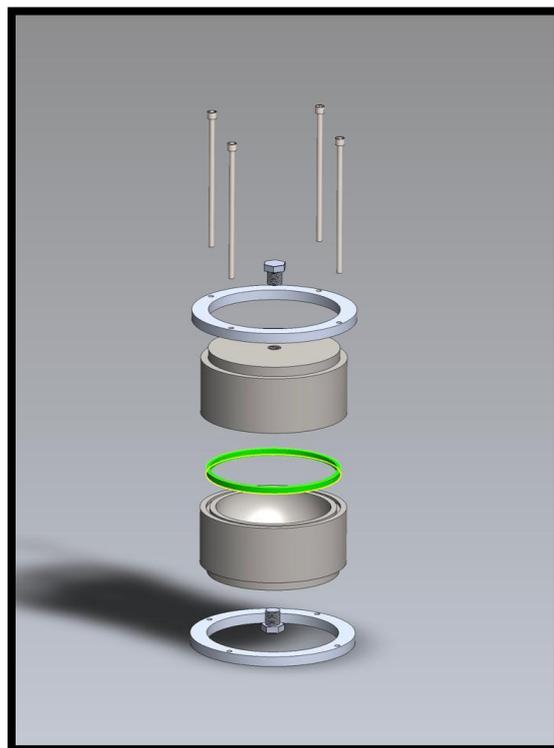
Rondana de separación y sellado.



Nota: Isométrico desplegado, rondana de separación y sellado. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 30

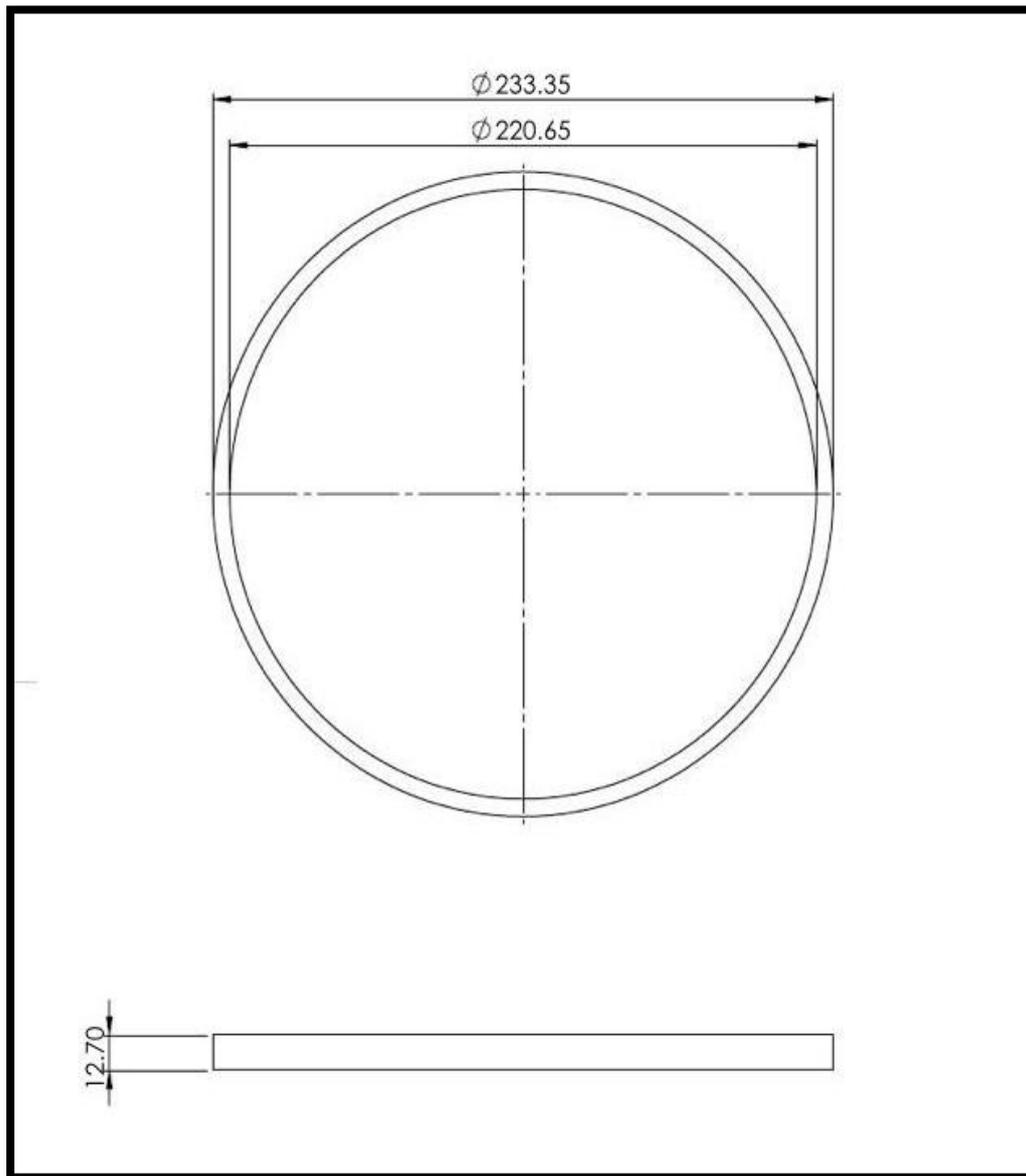
Prototipo molde Nylamid M desplegado rondana de separación y sellado.



Nota: Rondana de separación y sellado. Elaboración propia. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 31

Vista en planta (líneas y acotaciones) rondana de separación y sellado.



Nota: Dimensiones vista de planta y frontal rondana de separación y sellado. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Cuando se vierte el concreto en el molde, es fundamental evitar que el material se escape a través de las uniones y grietas del molde, ya que esto puede conducir a deformaciones, irregularidades y defectos en la esfera de concreto resultante. Los tapones de Nylamid, ubicados estratégicamente en el molde, aseguran un sellado

hermético y protegen contra cualquier fuga de concreto, permitiendo así obtener esferas con una superficie lisa y homogénea.

Piezas de fijación

Las piezas de fijación en un molde desempeñan un papel crítico en el proceso de producción, ya que su función principal es asegurar que las diferentes partes del molde se mantengan en su lugar de manera segura y estable. Cuando el molde está correctamente sujeto, se evitan movimientos no deseados durante la inyección del material y el fraguado, lo que resulta en una mayor precisión y calidad de las piezas.

Una de las ventajas más significativas del uso adecuado de estos dispositivos de fijación es la garantía de repetibilidad en el proceso de producción. Al mantener las partes del molde en la misma posición en cada ciclo de producción, se logra una consistencia en las dimensiones y características de las piezas fabricadas. Esto es esencial en la industria manufacturera, donde la uniformidad y la precisión son requisitos clave para cumplir con los estándares de calidad.

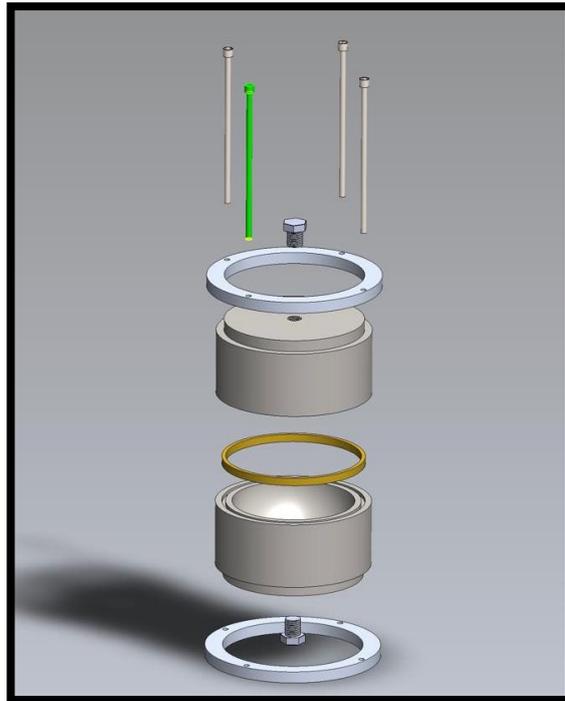
Además de la repetibilidad, también juegan un papel crucial en la seguridad del proceso de producción. Un molde bien sujeto reduce el riesgo de movimientos inesperados o desplazamientos durante la inyección del material o el desmoldeo. Esto no solo protege a los operadores y trabajadores involucrados en el proceso, sino que también previene daños en el molde o en las piezas fabricadas, lo que podría resultar en costos adicionales de reparación.

Con un molde bien sujeto, el montaje y desmontaje del molde se vuelven más rápidos y sencillos. Esto significa que se pueden cambiar los moldes de manera más eficiente, permitiendo una producción más ágil y flexible para adaptarse a diferentes diseños o lotes de producción.

Nuestras piezas de fijación constan de 4 tornillos M6 de cabeza cilíndrica Alem fabricados en acero inoxidable T304 (de 3-8 in x 10 in) que van sujetos a dos juntas de acero con 4 barrenos con cuerda para su correcta guía y sujeción.

Figura 32

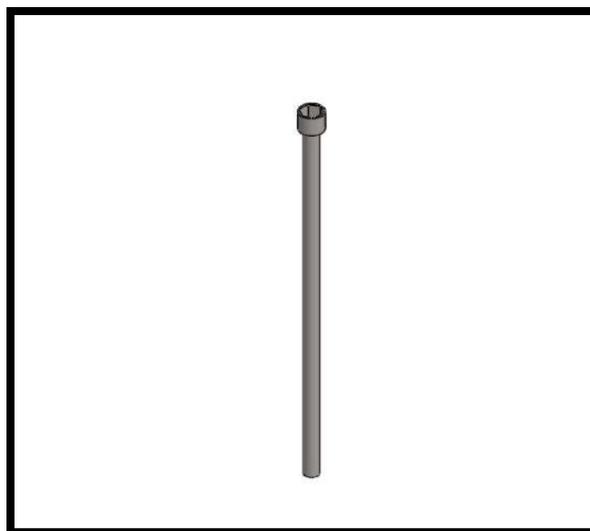
Prototipo molde Nylamid M desplegado piezas de fijación.



Nota: Piezas de fijación. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 33

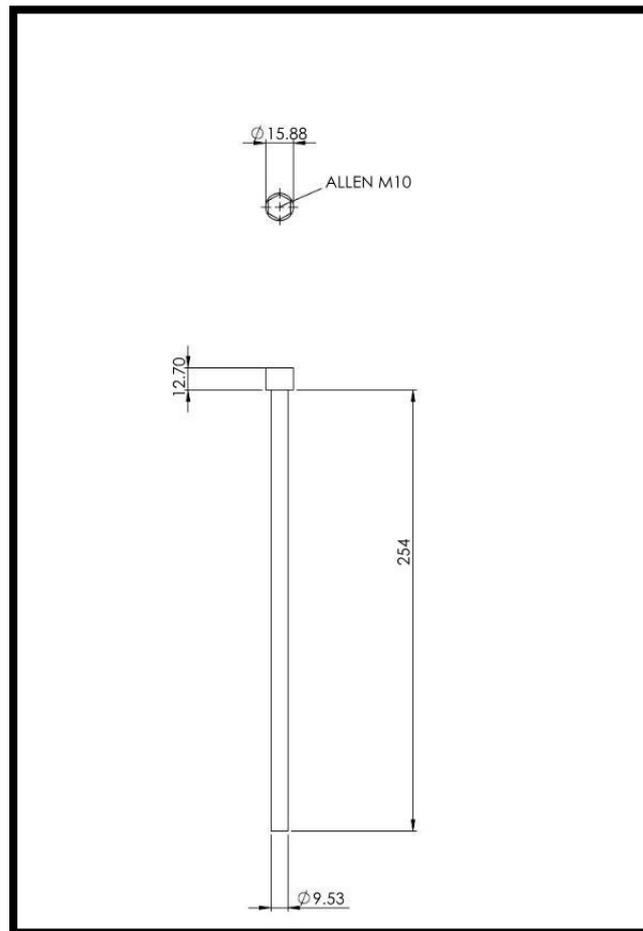
Pieza de fijación. Tornillo inoxidable. Isométrico.



Nota: Isométrico, pieza de fijación. Tornillo. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 34

Pieza de fijación vista planta y frontal. Líneas y cotas.



Nota: Piezas de fijación tornillo de acero inoxidable cabeza cilíndrica. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Orificios y tapones para vertido de material

Los orificios de vertido y tapones en los moldes de vaciado son elementos clave que permiten el llenado y desmoldeo controlado del concreto en el proceso de fabricación.

Los orificios de vertido son aberturas deliberadamente posicionadas en el molde que permiten la entrada del material líquido para llenar la cavidad del molde y formar el componente deseado. Estos orificios son esenciales para el proceso de fabricación,

ya que permiten que el material se vierta de manera controlada en el molde y adopte la forma específica requerida para la pieza.

La ubicación estratégica de los orificios de vertido es crucial para asegurar que el material fluya de manera uniforme y controlada en todo el molde. El diseño cuidadoso de estos orificios garantiza que el llenado del molde sea homogéneo y evita problemas como la formación de burbujas de aire o zonas mal llenadas que podrían afectar la calidad y la integridad de la pieza final.

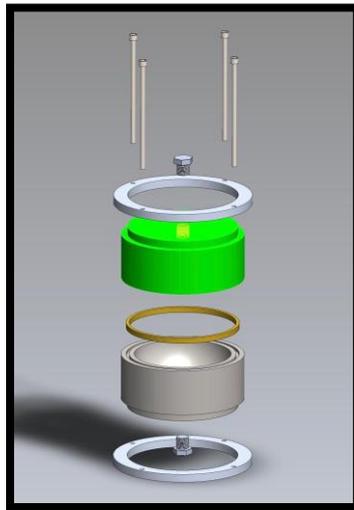
Al colocar los orificios de vertido en posiciones adecuadas, se puede lograr un llenado óptimo y evitar problemas como puntos fríos o zonas con exceso de material que podrían afectar las propiedades mecánicas o estéticas de la pieza. Además, los orificios de vertido también deben considerar aspectos como la temperatura del material fundido y su fluidez para garantizar un llenado suave y libre de defectos.

La forma y el tamaño de los orificios de vertido son factores importantes a considerar. Un diseño adecuado de los orificios permite un flujo controlado del material, evitando salpicaduras o derrames que puedan provocar daños o riesgos para los operadores y el entorno de trabajo.

El correcto diseño de los tapones permite un sellado perfecto y al llevar en el final un radio calculado para no afectar la zona esférica garantiza la conservación de la figura, evitando así alguna malformación estética al hacer el desmoldeo.

Figura 35

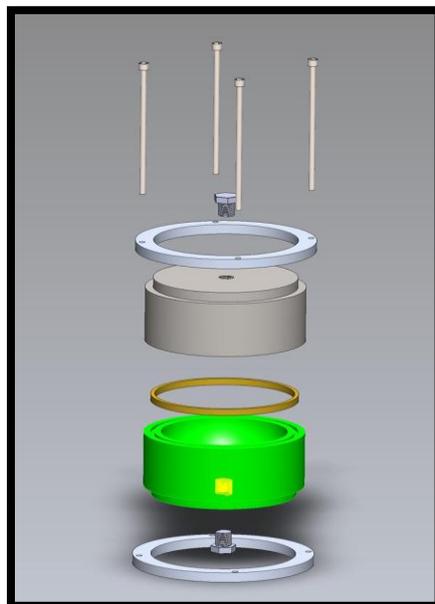
Prototipo molde Nylamid M desplegado orificio de vertido 1.



Nota: Cavidad esférica orificio de vertido 1. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Figura 36

Prototipo molde Nylamid M desplegado orificio de vertido 2.



Nota: Cavidad esférica orificio de vertido 2. Software de visualización de elementos en el programa eDrawings. Elaboración propia.

Métodos posibles de maquinado a considerar

Control numérico CNC

El Control Numérico por Computadora (CNC) es un sistema automatizado utilizado en la industria manufacturera para controlar y operar máquinas herramienta mediante la programación de instrucciones codificadas. Estas instrucciones, en forma de código G y código M, se introducen en un computador que, a su vez, dirige los movimientos precisos de las herramientas de corte, tales como tornos, fresadoras, centros de mecanizado, entre otras.

La historia del CNC se remonta a la década de 1940, cuando John T. Parsons, junto con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), desarrolló la primera máquina de control numérico para la fabricación de hélices para aviones. En sus inicios, el CNC se basaba en sistemas analógicos y tarjetas perforadas para transmitir las instrucciones a las máquinas. Con el avance de la electrónica y la computación en la década de 1950, los sistemas CNC adoptaron lenguajes de programación más avanzados y se volvieron más accesibles para diversas aplicaciones industriales.

La programación CNC es el proceso de crear un conjunto de instrucciones que indicarán a la máquina herramienta cómo moverse y realizar las operaciones necesarias para producir una pieza específica. Estas instrucciones se escriben en lenguajes de programación, como los códigos G y M, que contienen comandos para controlar el movimiento de los ejes, velocidades, direcciones y funciones especiales de la máquina.

Los códigos G y M son lenguajes estandarizados utilizados en la programación CNC. El código G (Geometría) define los movimientos de la herramienta, como el posicionamiento en ejes X, Y y Z, movimientos circulares o helicoidales. Por otro lado, el código M (Misceláneo) se emplea para comandos adicionales, como activar o desactivar el refrigerante, cambiar herramientas, o detener o reiniciar el proceso de mecanizado.

Los controladores CNC son el corazón del sistema y actúan como el intermediario entre el programa y la máquina herramienta. Existen diferentes tipos de controladores,

como los basados en sistemas de circuitos lógicos, controladores basados en microprocesadores o controladores más avanzados que incorporan tecnología de computadoras industriales.

El funcionamiento básico de un controlador CNC implica lo siguiente:

- **Lectura del programa CNC:** El controlador recibe las instrucciones codificadas en el programa CNC.
- **Interpretación de códigos:** El controlador interpreta los códigos G y M, traduciéndolos en movimientos y operaciones específicas.
- **Control de ejes:** El controlador envía señales a los motores y accionamientos para mover la herramienta a lo largo de los ejes X, Y y Z, así como otros ejes adicionales si es necesario (por ejemplo, en máquinas CNC multi-ejes).
- **Retroalimentación:** Sensores en la máquina proporcionan retroalimentación sobre la posición de los ejes y otros datos relevantes, permitiendo al controlador monitorear y ajustar los movimientos en tiempo real para mantener la precisión y seguridad del proceso (Smith, 1993).

Maquinaria convencional (torno, fresadora)

La Importancia del Maquinado con Máquinas Convencionales

El maquinado, como un componente crucial de la industria de la manufactura, ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas gracias a la introducción y la creciente prevalencia de tecnologías avanzadas como el Control Numérico Computarizado (CNC). Las máquinas CNC ofrecen una automatización precisa y una programación basada en computadora que ha revolucionado la producción y la eficiencia en numerosos procesos de maquinado. Sin embargo, esto no significa que las máquinas convencionales, como el torno y la fresadora, hayan perdido su relevancia. Por el contrario, siguen siendo una elección viable y en muchos casos preferible en la industria de la manufactura, especialmente en aplicaciones donde la precisión, la flexibilidad y la habilidad artesanal son fundamentales.

Beneficios de utilizar maquinaria convencional

Costos Iniciales Más Bajos

Uno de los factores más evidentes que hace que las máquinas convencionales sean atractivas es su asequibilidad en términos de costos iniciales. En un mundo empresarial altamente competitivo, especialmente para pequeñas y medianas empresas, la inversión en equipos CNC costosos puede ser una barrera significativa. Las máquinas convencionales, como el torno y la fresadora, son menos costosas tanto en términos de adquisición como de mantenimiento.

Flexibilidad y Adaptabilidad

La flexibilidad es una de las ventajas clave que ofrecen las máquinas convencionales. Estas máquinas son altamente adaptables y versátiles, lo que significa que pueden configurarse y ajustarse para una amplia variedad de trabajos de maquinado. A menudo, los operadores pueden cambiar rápidamente las herramientas y ajustar los parámetros de corte según sea necesario. Esto es especialmente valioso en situaciones en las que se realizan trabajos personalizados o se producen piezas únicas.

Control Manual

Una de las ventajas más notables de las máquinas convencionales es el control manual que ofrecen a los operadores. Esto significa que los operadores tienen un control directo sobre una variedad de parámetros, como la velocidad de alimentación, la profundidad de corte y otros aspectos del proceso de maquinado. Este control manual permite a los operadores ajustar y refinar el proceso en tiempo real, lo que es particularmente útil en situaciones en las que se requiere un alto grado de precisión.

Control de Calidad

El control de calidad es un aspecto crítico de cualquier proceso de maquinado. Las máquinas convencionales permiten un control de calidad más directo y preciso. Los operadores pueden inspeccionar visualmente las piezas en proceso y realizar mediciones precisas para garantizar que cumplan con las especificaciones

requeridas. Esto es fundamental en la fabricación de piezas de materiales de alta exigencia.

Replicación de Piezas y Piezas Únicas

Las máquinas convencionales son ideales para la producción de piezas únicas o en pequeñas cantidades. También son útiles cuando se necesita replicar piezas existentes que no están disponibles en planos o archivos digitales. El proceso de configuración y ajuste de máquinas convencionales permite una producción eficiente de piezas que pueden ser únicas o difíciles de obtener de otras maneras.

Mantenimiento y Reparación Sencillos

En comparación con las máquinas CNC, las máquinas convencionales suelen ser más fáciles de mantener y reparar. Los técnicos y operadores con experiencia pueden realizar reparaciones en el lugar, lo que reduce los costos y los tiempos de inactividad. Además, las piezas de repuesto y las herramientas son más ampliamente disponibles y asequibles, lo que simplifica la gestión del mantenimiento y las reparaciones.

Mejor Control de Temperaturas

En aplicaciones donde la temperatura es un factor crítico, como en el maquinado de materiales sensibles al calor, las máquinas convencionales ofrecen un mejor control. Los operadores pueden aplicar técnicas específicas para mantener la temperatura en niveles adecuados y prevenir el sobrecalentamiento. Esto es esencial para garantizar que las propiedades del material no se vean afectadas negativamente durante el proceso de maquinado.

Herramientas y Materiales Estándar

Las máquinas convencionales utilizan herramientas y materiales estándar, lo que facilita la adquisición y el reemplazo de componentes. Esto reduce los costos operativos en comparación con las máquinas CNC, que a menudo requieren herramientas y componentes específicos. Además, la disponibilidad de herramientas y materiales estándar garantiza que los operadores tengan acceso a una amplia gama de opciones para abordar diferentes tipos de trabajos de maquinado.

Mayor Durabilidad y Vida Útil

Las máquinas convencionales suelen ser más robustas y duraderas en comparación con las máquinas CNC. Su construcción resistente les permite resistir el desgaste y el estrés diario en el entorno de la fabricación. Esto significa que pueden seguir siendo productivas durante más tiempo y requerir menos reemplazos y actualizaciones a lo largo de su vida útil. Para muchas empresas, esto representa un ahorro significativo a largo plazo.

Máquinas convencionales la mejor opción en la fabricación de moldes de Nylamid

1. **Control de calidad manual:** Una de las principales ventajas de las máquinas convencionales es el control de calidad manual. Los operadores pueden inspeccionar y ajustar directamente el proceso de maquinado, lo que resulta en una mayor precisión y calidad del molde. Esto es especialmente relevante en la fabricación de moldes de Nylamid, ya que los detalles precisos y la superficie lisa son esenciales para un moldeo de alta calidad.
2. **Mayor control sobre el acabado superficial:** La calidad del acabado superficial es crucial en la fabricación de moldes, y las máquinas convencionales permiten un control más detallado sobre este aspecto. Los operadores pueden utilizar técnicas de acabado manual para lograr superficies excepcionalmente lisas y uniformes, lo que es esencial para evitar defectos en las piezas moldeadas.
3. **Adaptabilidad a proyectos personalizados:** En muchas ocasiones, la fabricación de moldes de Nylamid implica proyectos personalizados con especificaciones únicas. Las máquinas convencionales son altamente adaptables y pueden ser configuradas para satisfacer las necesidades específicas del proyecto. Esto es especialmente útil cuando se trata de geometrías de moldes complejas o prototipos de baja producción.
4. **Menor requerimiento de capacitación:** Las máquinas convencionales generalmente requieren menos capacitación para operadores en comparación con las máquinas CNC, que implican programación y operación

computarizada. Esto puede ser beneficioso para empresas que buscan minimizar los tiempos de inactividad debido a la capacitación.

5. **Control directo de herramientas:** En las máquinas convencionales, los operadores tienen un control directo sobre las herramientas de corte. Esto permite ajustes instantáneos y una mayor capacidad para corregir problemas en tiempo real. Para materiales sensibles como el Nylamid, donde el sobrecalentamiento o la fricción excesiva pueden ser un problema, este control es valioso.
6. **Adaptación a condiciones de mecanizado variables:** Las máquinas convencionales a menudo son más robustas y pueden adaptarse mejor a condiciones de mecanizado variables, como variaciones en la rigidez del material o la sujeción. Esto es relevante en la fabricación de moldes de Nylamid, donde la consistencia del material puede variar.

Mantenimiento del molde de inyección

El mantenimiento adecuado de un molde es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo, una producción eficiente y la prolongación de la vida útil del molde.

El mantenimiento adecuado para la fabricación de esferas de concreto es una práctica esencial que tiene un impacto significativo en la calidad, la eficiencia y la durabilidad del proceso de producción. Un molde bien mantenido asegura un funcionamiento óptimo del equipo, lo que se traduce en una producción más eficiente y de alta calidad.

En primer lugar, el mantenimiento adecuado del molde contribuye a garantizar un funcionamiento óptimo del equipo. Durante el proceso de inyección de concreto en el molde, se generan fuerzas y presiones considerables. Si el molde no está en condiciones óptimas, estas fuerzas pueden provocar desgastes prematuros, deformaciones o daños en el molde. Un molde en mal estado puede afectar negativamente la precisión y la uniformidad de las esferas de concreto fabricadas, lo que podría resultar en productos no conformes y desperdicio de material.

En segundo lugar, contribuye a una producción eficiente. Cuando el molde está en buenas condiciones, se reduce la probabilidad de problemas durante el proceso de inyección y desmoldeo, lo que minimiza el tiempo de inactividad y los rechazos de piezas defectuosas. Además, un molde en óptimas condiciones permite un flujo de material más uniforme, lo que se traduce en un proceso de inyección más estable y predecible. Esto, a su vez, mejora la productividad y la capacidad de cumplir con los plazos de producción establecidos.

En tercer lugar, prolonga la vida útil del mismo. Un molde bien mantenido tiene una mayor resistencia al desgaste y a la corrosión, lo que permite una vida útil más prolongada. La inversión en un mantenimiento regular y preventivo puede evitar la necesidad de reemplazar el molde prematuramente, lo que representa un ahorro significativo en costos a largo plazo.

Conclusión del diseño y el proyecto

Conclusiones del Proyecto de Diseño del Prototipo de Molde para Esferas de Concreto

El proyecto de diseño de un prototipo de molde esférico para la fabricación de esferas de concreto ha resultado en una tarea desafiante. A través de este proyecto, se han abordado diversas áreas, desde el diseño y la fabricación del prototipo hasta las pruebas y la validación de su funcionalidad. Las conclusiones resumidas a continuación proporcionan una visión general de los logros clave y las implicaciones de este proyecto.

Diseño del Prototipo

1. **Requerimientos de Diseño:** Se han definido meticulosamente los requerimientos de diseño, incluyendo dimensiones y factores ergonómicos, garantizando un diseño acorde a las necesidades de producción y acabados.
2. **Modelado y Simulación:** El uso de software de modelado 3D ha sido esencial para evaluar la viabilidad del diseño, permitiendo identificar áreas de mejora y optimización del prototipo.

3. Ergonomía y Manejo: El diseño ha incorporado consideraciones ergonómicas y principios de manejo para asegurar la eficiencia y seguridad en la operación del prototipo.

Conclusiones Generales

Contribuciones al Campo de la Ingeniería Civil y Materiales

El prototipo diseñado y fabricado representa un avance significativo, con potencial de aplicación en una amplia gama de sectores, desde la construcción hasta proyectos de investigación.

Limitaciones y Desafíos

Se han identificado limitaciones, como la velocidad de producción y el consumo de material, que ofrecen oportunidades para futuras investigaciones y mejoras en el diseño y la fabricación.

Recomendaciones para el Futuro

Se sugieren recomendaciones para mejorar el prototipo, como la exploración de métodos de fabricación aditiva y la incorporación de sensores para monitoreo en tiempo real. Además, se recomienda realizar estudios de costo-beneficio y análisis de mercado para determinar su viabilidad comercial.

Estas conclusiones subrayan la importancia de este proyecto y su capacidad para impactar positivamente en la ingeniería civil y la tecnología de materiales. Además, enfatizan la necesidad de continuar investigando y mejorando el prototipo para su aplicación en la industria.

Este proyecto ha sido un paso significativo hacia la creación de un molde de Nylamid bipartido para esferas de concreto reforzado con fibra, con un enfoque en la calidad, eficiencia y aplicabilidad en la práctica. Las conclusiones aquí presentadas ofrecen una visión completa de los logros y el potencial futuro de este prototipo.

Referencias

- Bou Serra, J. (2009). *Síntesis y caracterización de poliamidas derivadas del ácido tartárico* [Tesis de doctorado]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Crawford, R. J., y Crawford, R. J. (1987). *Plastics Engineering*. Pergamon Press.
- ENACE. (2022). *Concurso Nacional de Bola de Boliche de Concreto de Reforzado con Fibra Septiembre 2022, Saltillo Coah.* [Bases para la participación en el concurso]. https://drive.google.com/drive/folders/1g_W3R-YjzN26OwYYB3RMk652WCZF_gUx
- Kalpakjian, S., y Schmid, S. R. (2018). *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Pearson India Education Services Pvt. Limited.
- Smith, G. T. (1993). *CNC Machining Technology: Volume I: Design, Development and CIM Strategies*. Springer London.
- Suresh Sadhwani, L. (2019). *Fibra de vidrio* [Trabajo de fin de grado]. Universidad Complutense. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAKSHA%20SURESH%20ADHWANI.pdf>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLON (NYLTEC) archivos*. Tecnoquim. <https://tecnoquim.com.mx/categoria-producto/productos/nylon/>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC CM*. Tecnoquim. <https://tecnoquim.com.mx/producto/nylon-casting-6/>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC CM [Ficha técnica]*. Tecnoquim. <https://tecnoquim.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/NYLTEC-CM.pdf>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC HS BLUE*. Tecnoquim. <https://tecnoquim.com.mx/producto/nylon-hs-blue/>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC HS BLUE [Ficha técnica]*. Tecnoquim. <https://tecnoquim.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/NYLTEC-HS-BLUE.pdf>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC NAT*. Tecnoquim. Recuperado de <https://tecnoquim.com.mx/producto/nylon-natural/>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC NAT [Ficha técnica]*. <https://tecnoquim.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/NYLTEC-NAT.pdf>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC NYLUBE*. Tecnoquim. Recuperado de <https://tecnoquim.com.mx/producto/nylon-nylube/>
- Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC NYLUBE [Ficha técnica]*. <https://tecnoquim.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/NYLTEC-NYLUBE.pdf>

Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC OILON*. Tecnoquim. Recuperado de <https://tecnoquim.com.mx/producto/nylon-oilon/>

Tecnoquim. (s.f.). *NYLTEC OILON* [Ficha técnica]. Recuperado de <https://tecnoquim.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/NYLTEC-OILON.pdf>

Universidad Autónoma de Nuevo León. (s.f.). *Capítulos Estudiantiles - Facultad de Ingeniería Civil*. Facultad de Ingeniería Civil. Recuperado de <https://fic.uanl.mx/capitulos-estudiantiles/>

Velasco, V. (2016). Estudiantes de Ingeniería Civil sobresalen en certamen internacional. *Gaceta FES Aragón*, (360), 3. Recuperado de <https://www.aragon.unam.mx/fes-pub/documents/gacetitas/360/360.pdf>