

## Rediseño Funcional de un Sensor de Nivel para Tolvas de Té en la Industria Alimentaria

Rodrigo N. Almeida <sup>a, b\*</sup>, Carlos R. Ramirez <sup>a, b</sup>, Mario O. Oliveira <sup>a, b</sup>, Roberto J. Cabral <sup>a, b, d</sup>,  
Gustavo Otano <sup>c</sup>, Mariana Carosini <sup>c</sup>, Soledad Olivera <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica - LIDEE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>c</sup> Cooperativa de trabajo LA HOJA LTDA, San Ignacio, Misiones, Argentina.

<sup>d</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET, Argentina

e-mails: [almeidarodrigonico@gmail.com](mailto:almeidarodrigonico@gmail.com), [ramirezcarlos1599@gmail.com](mailto:ramirezcarlos1599@gmail.com), [mario.oliveira@fio.unam.edu.ar](mailto:mario.oliveira@fio.unam.edu.ar),  
[robert\\_rjc@hotmail.com](mailto:robert_rjc@hotmail.com), [mantenimientopuertomineral@lahoja.com.ar](mailto:mantenimientopuertomineral@lahoja.com.ar), [seguridadehigiene@lahoja.com.ar](mailto:seguridadehigiene@lahoja.com.ar),  
[soledadolivera@lahoja.com.ar](mailto:soledadolivera@lahoja.com.ar)

---

### Resumen

Se presenta el diseño y análisis técnico de un sensor de nivel destinado a tolvas que alimentan máquinas empaquetadoras de saquitos de té. El estudio se desarrolló en la Cooperativa de Trabajo La Hoja Ltda., con el objetivo de reemplazar el sistema existente que presenta deficiencias técnicas, de mantenimiento e higiénico-sanitarias. El nuevo sensor, basado en una membrana flexible y activación mecánica externa, fue concebido para ser impreso en 3D utilizando materiales aptos para la industria alimentaria. Se compara esta propuesta con otras alternativas comerciales, como sensores capacitivos, evaluando ventajas, desventajas y costos asociados. El rediseño logra mejoras significativas en higiene, accesibilidad y compatibilidad normativa, y representa una solución adaptable a otras aplicaciones en la industria alimentaria.

**Palabras Clave** – Automatización, Impresión 3D, Industria alimentaria, Microinterruptor, Rediseño, Sensor capacitivo, Sensor de nivel, Tolvas.

### 1 Introducción

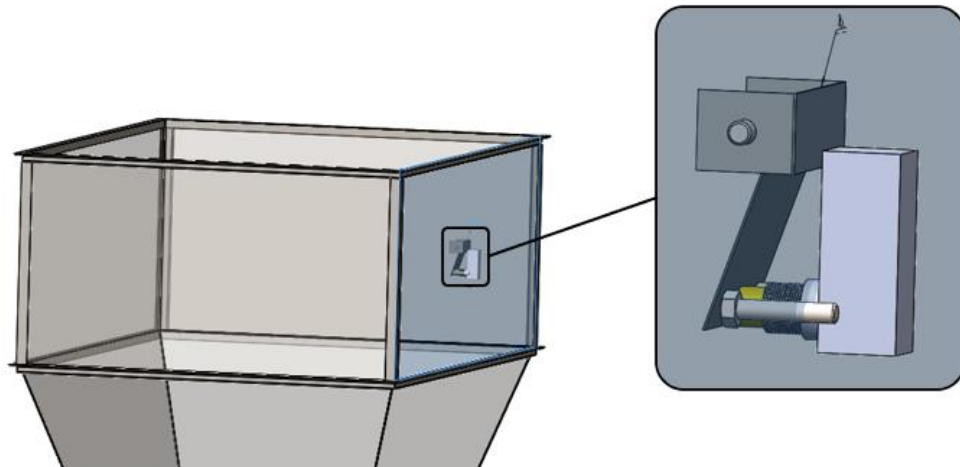
En los procesos de envasado de productos alimenticios secos, como el té, el control del nivel de material en tolvas resulta fundamental para garantizar la continuidad operativa, la seguridad alimentaria y la eficiencia del sistema. En este contexto, la Cooperativa de Trabajo La Hoja Ltda. identificó la necesidad de optimizar su sistema de alimentación de té hacia las máquinas de envasado.

El sistema de censado de nivel, actualmente en etapa de diseño, fue inicialmente propuesto por un grupo de trabajo del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. Posterior a un análisis del diseño inicial, se identificaron oportunidades de mejora en la disposición y mantenimiento del sensor, las cuales se presentan en este documento.

Este trabajo presenta una alternativa superadora basada en la reubicación externa del microinterruptor respecto de la tolva, mediante un mecanismo de activación por presión. La solución propuesta apunta a mejorar la sensibilidad del sistema y facilitar su acceso para tareas de mantenimiento, y se proyecta su fabricación mediante tecnología de impresión 3D.

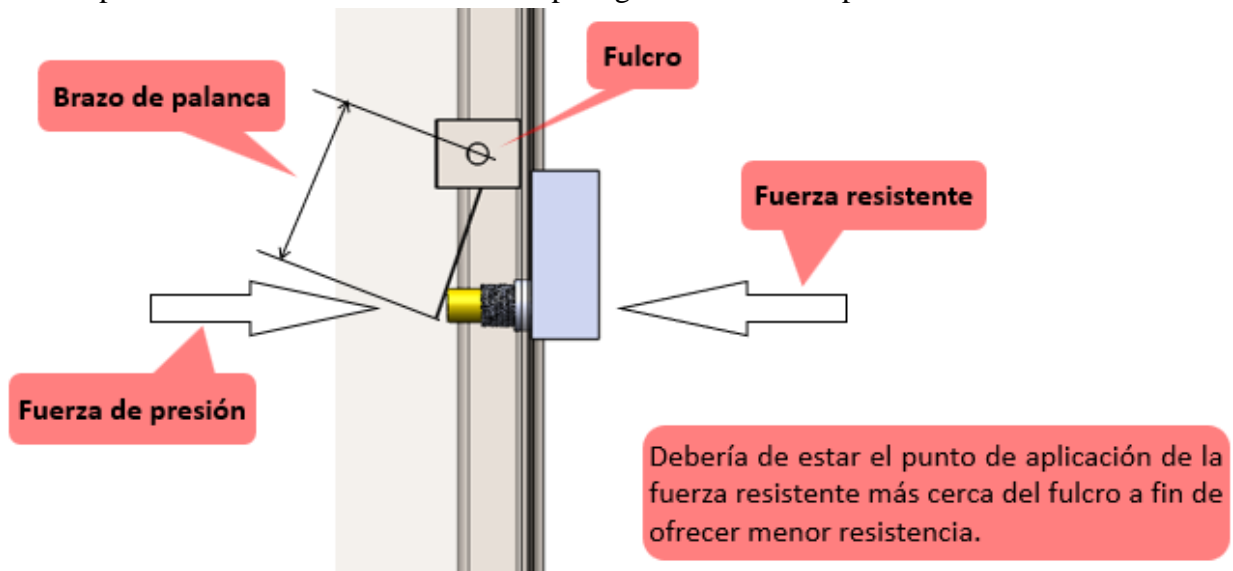
## 2 Situación Actual

La propuesta vigente consiste en la instalación de un microinterruptor mecánico ubicado dentro de la tolva, como se observa en la Fig. 1, a partir de un modelo elaborado con el software SolidWorks [1].



**Fig. 1. Propuesta actual para la medición de nivel**  
(Fuente: Elaboración propia)

Esta disposición presenta dos inconvenientes principales. El primero está relacionado con la ubicación inadecuada del actuador, que afecta negativamente la sensibilidad del sistema. Como se ilustra en la Fig. 2, para lograr una activación efectiva, la fuerza de presión ejercida por el producto debería aprovechar al máximo el brazo de palanca del mecanismo, mientras que la fuerza resistente ofrecida por el actuador debería ser mínima para garantizar una respuesta sensible.

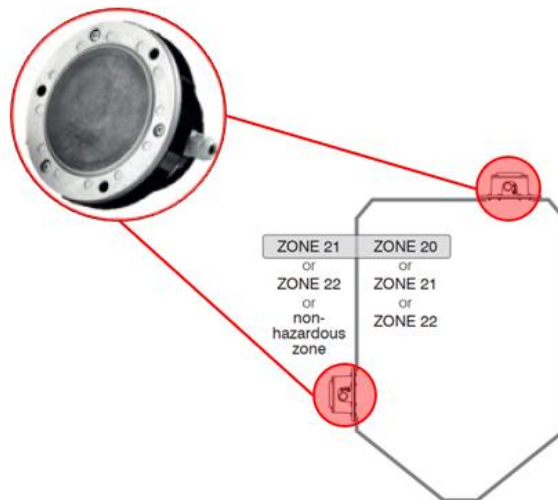


**Fig. 2. Inconveniente analizado**  
(Fuente: Elaboración propia)

El segundo inconveniente es el acceso limitado para mantenimiento, ya que el microinterruptor se encuentra dentro de la tolva. Esto implica que cualquier intervención (limpieza, inspección o reemplazo) requiera de la interrupción del proceso productivo, afectando la disponibilidad de la máquina envasadora asociada.

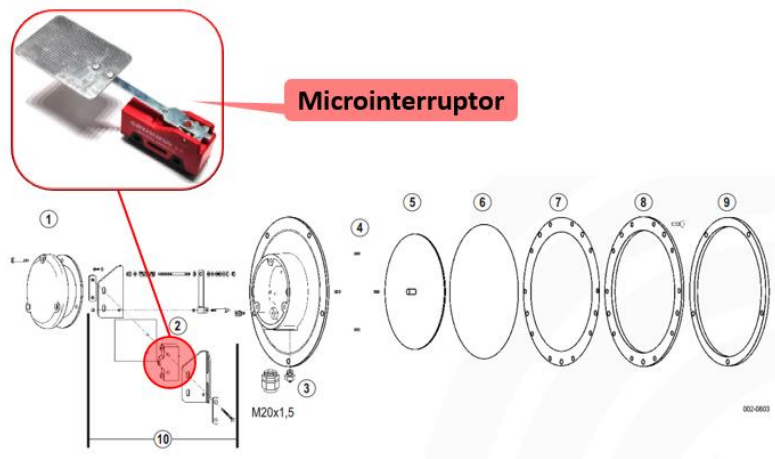
### 3 Modelo de Inspiración

Se propone un rediseño basado en un sistema de censo activado por presión, que utiliza una superficie en contacto con el producto. Al desplazarse por efecto del material acumulado, esta superficie acciona un microinterruptor externo mediante un vástago. Este principio de funcionamiento se inspira en sensores utilizados en silos de granos y polvos industriales, cuya disposición se muestra en la Fig. 3.



**Fig. 3. Disposición del sensor de nivel de membrana comercial**  
(Fuente: Adaptado de [2] y [3])

El funcionamiento interno de este tipo de sensor se basa en un microinterruptor mecánico que responde al desplazamiento de la membrana, como se representa en la Fig. 4.



**Fig. 4. Componentes internos del sensor de nivel de membrana**  
(Fuente: Adaptado de [4])

#### 4 Diseño propuesto

Como se mencionó anteriormente, el rediseño se basa en el concepto de sensor de membrana, inspirado en dispositivos comerciales utilizados en silos y sistemas de manejo de materiales secos. En esta solución, una superficie sensible al contacto con el material se encuentra montada en el lateral de la tolva y, ante el aumento del nivel de producto, se desplaza ligeramente por efecto de la presión ejercida por el té acumulado.

Este desplazamiento es transmitido mediante un vástago de accionamiento hacia un microinterruptor ubicado externamente, lo que evita el contacto directo del componente eléctrico con el producto alimenticio, tal como se ilustra en la Fig. 5, además de minimizar las modificaciones estructurales sobre la tolva (como se observa en la Fig. 6).

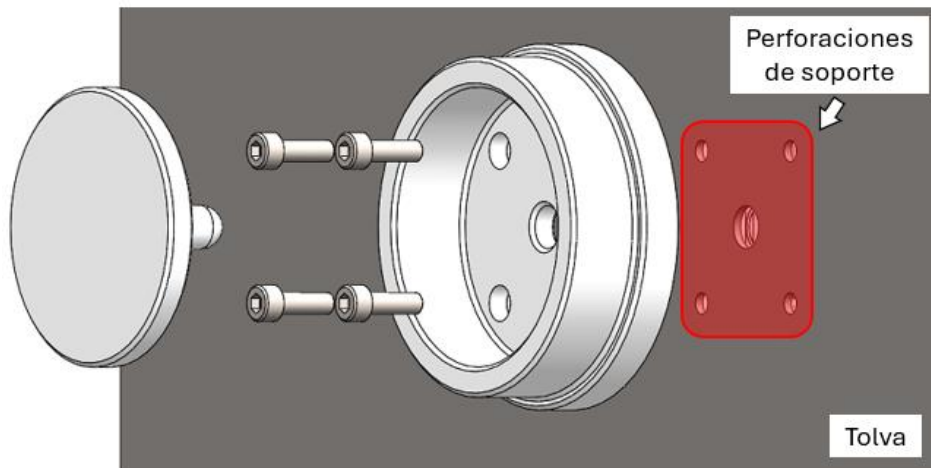


Fig. 5. Material por remover para el montaje del rediseño  
(Fuente: Elaboración propia)

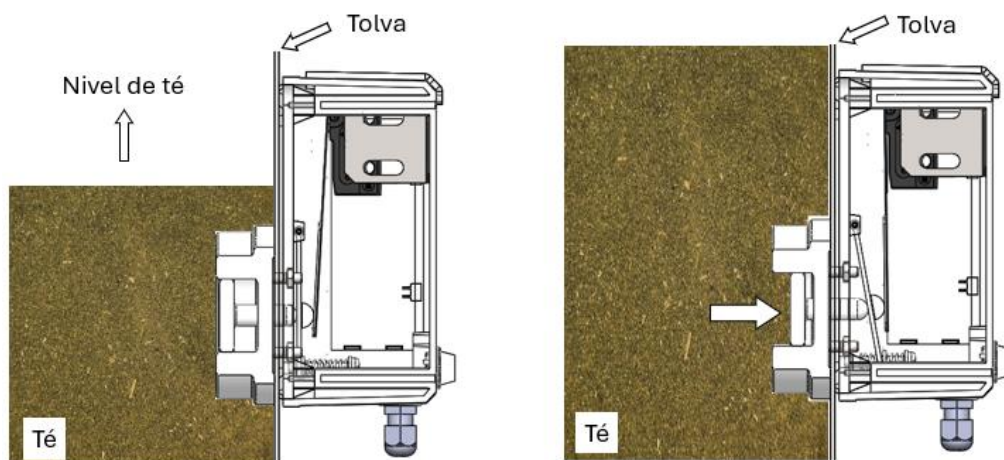
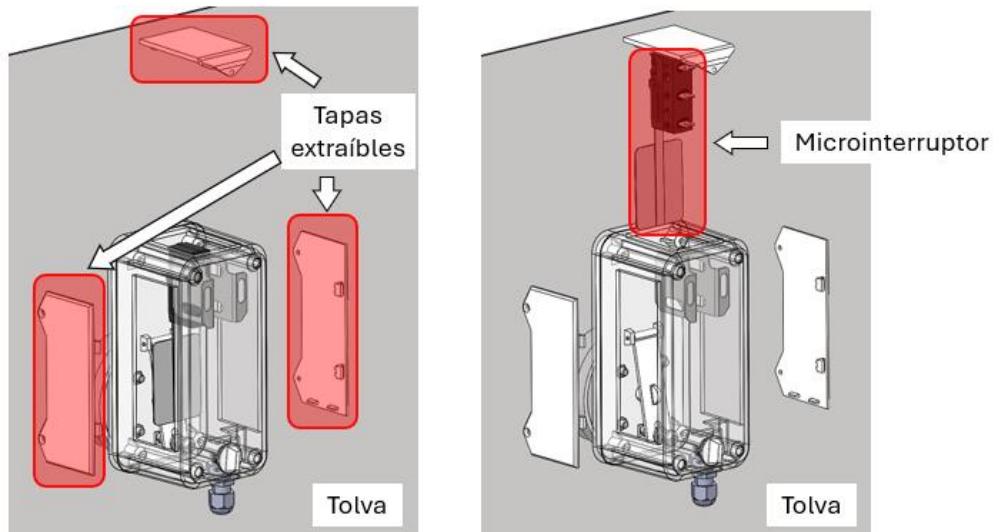


Fig. 6. Funcionamiento del rediseño propuesto  
(Fuente: Elaboración propia)

La disposición estructural fue diseñada de modo que el microinterruptor pueda ser desmontado fácilmente para inspección, limpieza o reemplazo, sin necesidad de interrumpir completamente el funcionamiento de la línea de envasado. Esta mejora resulta especialmente valiosa en términos de disponibilidad operativa y seguridad alimentaria. Una representación en explosión de los elementos se muestra en la Fig. 7.



**Fig. 7. Vista explosiva de las mejoras propuestas en el rediseño**  
(Fuente: Elaboración propia)

Todos los componentes estructurales del sistema propuesto fueron modelados en el software SolidWorks y están pensados para ser fabricados mediante impresión 3D, utilizando materiales aptos para el entorno industrial y compatibles con el contacto alimentario indirecto. Esta metodología permite una fabricación ágil, adaptable y de bajo costo, facilitando futuras iteraciones o personalizaciones.

## 5 Evaluación de Alternativas

Actualmente existen otras alternativas viables al sistema propuesto, entre ellas el uso de sensores capacitivos, ampliamente utilizados para la detección de nivel en materiales secos, tal como se expone en [5] y se muestra en la Fig. 8.

Sensores de proximidad capacitivos  
Aplicaciones

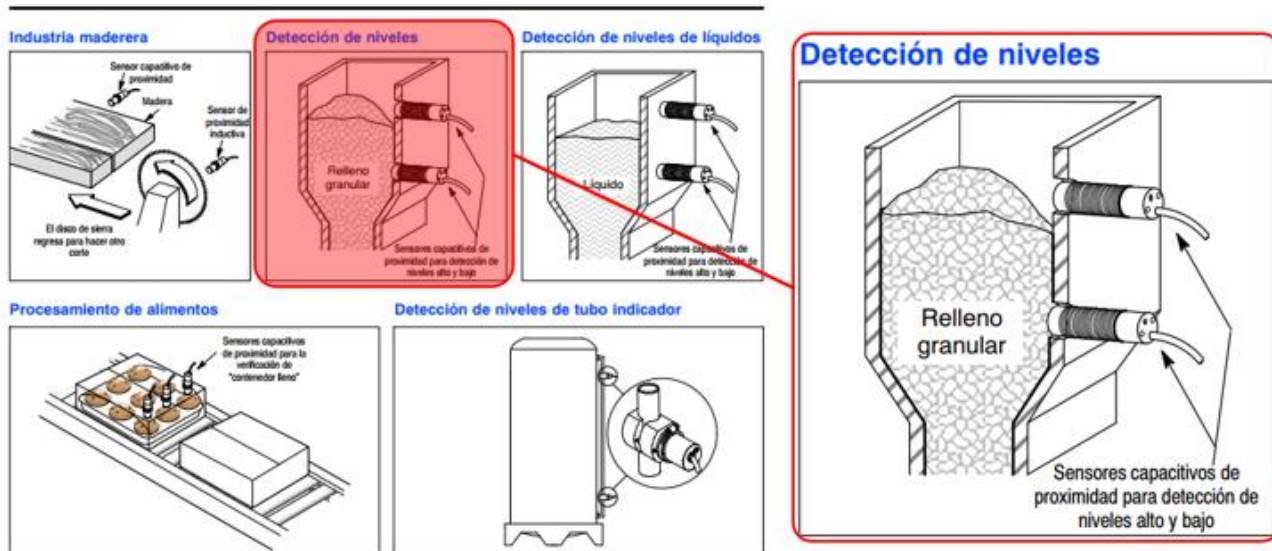


Fig. 8. Aplicaciones de sensores capacitivos  
(Fuente: Adaptado de [5])

Durante las primeras etapas del proyecto se consideró esta opción como posible solución. Sin embargo, en aquel momento su adopción resultaba inviable debido al costo elevado de implementación. Con el paso del tiempo, el precio de estos sensores se ha vuelto más competitivo, lo que justifica su reconsideración como alternativa.

Como parte del enfoque de diseño ingenieril, se realizó una comparación cualitativa y otra económica entre la utilización de sensores capacitivos y el sistema basado en microinterruptor con activación mecánica, tal como se presenta en la Tabla 1 y, respectivamente.

Tabla 1 – Evaluación cualitativa de ambos sistemas

	Sensor capacitivo	Sensor de nivel con microinterruptor
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición continua y precisa.</li> <li>• No requiere contacto físico con el material.</li> <li>• Alta sensibilidad a cambios en el nivel.</li> <li>• Larga vida útil sin partes móviles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repuestos económicos.</li> <li>• Resistente a la humedad y polvo.</li> <li>• No requiere calibraciones frecuentes.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede verse afectado por variaciones en la constante dieléctrica del té.</li> <li>• Sensible a interferencias electromagnéticas.</li> <li>• Repuestos con costo elevado.</li> <li>• Requiere calibración periódica en algunos casos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo detecta niveles puntuales, no variaciones graduales.</li> <li>• Mecanismo sin periodo de prueba suficiente en laboratorio (puede fallar si el material no ejerce suficiente presión o desgaste en partes móviles).</li> <li>• Elevado costo de inversión.</li> </ul>

**Tabla 2** – Evaluación económica (Valores del 27 de junio de 2025)

Opción	Recurso	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
1	Activador	6	-	-
	Microinterruptores	4	11,86	47,44
			11,86	47,44
2	Impresión 3d	6	54,67	327,99
	Microinterruptores	4	11,86	47,44
	Prensacable	6	1,18	7,06
			67,70	382,50
3	Auxiliares	6	8,41	50,46
	Sensor capacitivo	6	30,44	182,63
			38,85	233,09

## 6 Conclusión

El rediseño del sensor de nivel para tolvas de alimentación en procesos de envasado de té permitió abordar con éxito las limitaciones técnicas y operativas identificadas en la propuesta original. La implementación de un sistema basado en activación mecánica externa, mediante una superficie en contacto con el producto y un microinterruptor ubicado fuera de la tolva, resultó en una solución accesible, de bajo costo, fácil mantenimiento y compatible con los estándares de seguridad alimentaria.

La fabricación del prototipo mediante impresión 3D con materiales aptos para contacto alimentario no solo demuestra la viabilidad técnica del diseño, sino que también abre la posibilidad de iteraciones rápidas y personalización adaptable a otras aplicaciones industriales. Además, el análisis comparativo con sensores capacitivos ofreció una visión integral del proyecto desde una perspectiva técnica y económica, reforzando la elección del enfoque mecánico en entornos de producción de baja a media escala.

Este trabajo se inscribe en un modelo de innovación tecnológica sostenible, replicable y orientado a la mejora de procesos productivos locales, aportando soluciones concretas con enfoque práctico y alto impacto en la industria regional.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento a la Cooperativa de Trabajo La Hoja Ltda. por su generoso apoyo en la financiación de este artículo y por su compromiso con la investigación y la innovación tecnológica. Su colaboración fue fundamental para el desarrollo del presente trabajo y constituye un valioso ejemplo de vinculación entre el sector productivo y el ámbito académico.

Se reconoce también al Ing. Martínez Gustavo, cuya sugerencia inicial de ubicar el sensor fuera de la tolva resultó decisiva para replantear el enfoque del diseño. Su aporte fue un punto de inflexión que impulsó el desarrollo de la solución finalmente adoptada.

## Referencias

- [1] Jon Hirschtick. (2002). SOLIDWORKS (2019) [Windows 11]. SolidWorks Corporation. SOLIDWORKS
- [2] AecoSensors, “CLM000016–SM-85,” AecoSensors – More Than Sensors, [Online]. Disponible: <https://www.aecosensors.com/index.cfm?fuseaction=skdProdotti&idprodotto=7559&languageID=ES>. Accedido en: Jun. 26, 2025
- [3] CamLogic S.r.l., *Manuale di uso e manutenzione per indicatori di livello a membrana MN21, versione 0601\_0004\_01-02*, Cavriago (RE), Italia, lug. 2024. [Online]. Disponible: [https://www.camlogic.it/uploads/prodotti/manuali/0601\\_0004\\_01-02.pdf?\\_gl=1\\*\\_1pgxbog\\*\\_up\\*MQ..\\*\\_ga\\*ODk2NjIIMzUzLjE3NTA5ODQ4NDc.\\*\\_ga\\_YH2SY67MQ4\\*\\_czE3NTA5ODQ4NDYkzbzEkZzEkdDE3NTA5ODQ4ODUKajIxJGwwJGg2MTIwNzQ4OTc](https://www.camlogic.it/uploads/prodotti/manuali/0601_0004_01-02.pdf?_gl=1*_1pgxbog*_up*MQ..*_ga*ODk2NjIIMzUzLjE3NTA5ODQ4NDc.*_ga_YH2SY67MQ4*_czE3NTA5ODQ4NDYkzbzEkZzEkdDE3NTA5ODQ4ODUKajIxJGwwJGg2MTIwNzQ4OTc). Accedido en: Jun. 26, 2025
- [4] Mollet Füllstandtechnik GmbH, “Appliance information MF-GI,” Mollet Füllstandtechnik, Osterburken, Alemania, Sep. 2022. [Online]. Disponible: [https://www.mollet-level.com/uploads/tx\\_cinproducts/05-2\\_MF\\_Appliance\\_Information\\_MF-GI\\_09-22\\_en.pdf](https://www.mollet-level.com/uploads/tx_cinproducts/05-2_MF_Appliance_Information_MF-GI_09-22_en.pdf). Accedido en: Jun. 26, 2025
- [5] Allen-Bradley, “Sensores de proximidad capacitivos,” catálogo técnico, Acomee, México, circa 2010. [Online]. Disponible: <https://www.acomee.com.mx/catalogos/catalogosa/ALLEN-BRADLEY%20SENSORES%20CAPACITIVOS.pdf>. Accedido en: Jun. 27, 2025