

Facultad de
INGENIERÍA
Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Informe de Práctica Profesional Supervisada

Mejora del sistema de prensado en paletizado

Tutor/a:
Ing. LUKASZEWICZ, Cristian

Alumno/a:
Alejo Daniel Salto

Firma del Tutor institucional:

Índice

Reservado a la Facultad para evaluación.....	3
Lugar en donde he realizado la PPS.....	4
Detalle del trabajo realizado.....	5
Alcance de la intervención	5
Selección de entrada y definición de variables	5
Criterio de funcionamiento original y riesgo al “cortar por sensor”	6
Solución implementada en modo AUTOMÁTICO	6
Integración en modo MANUAL	7
Modificación en HMI (NS5) – Selección de modo FULL / LIMITADO.....	7
Cálculo de fuerza del cilindro neumático.....	9
Criterio de suficiencia – Cal vs. Cemento (modelo simplificado).....	9
Modelo equivalente del prensado y verificación estructural	10
Resultados extraídos de las simulaciones.....	11
Conclusiones	12

Reservado a la Facultad para evaluación

Lugar en donde he realizado la PPS

La Práctica Profesional Supervisada (PPS) la realicé en la empresa Weber – Saint-Gobain, en la planta ubicada en el partido de Bosques, provincia de Buenos Aires. Esta fábrica cuenta con tres líneas de producción orientadas a la elaboración de productos para la construcción, con un alto nivel de automatización en gran parte de sus etapas. Dentro de ese contexto, el trabajo se enfocó en una paletizadora automática, uno de los equipos más antiguos del sector, equipada con una prensa lateral utilizada durante el armado del pallet.

El sistema de control del equipo estuvo basado en un PLC Omron CJ2M y una interfaz HMI Omron NS5. Durante la práctica me vinculé principalmente con el departamento de mantenimiento, donde relevé información técnica, consulté documentación y analicé el funcionamiento del equipo. También interactué con operarios de producción para comprender el uso habitual de la paletizadora, el comportamiento esperado por el operador y las condiciones reales de operación asociadas a los distintos productos fabricados.

La planta me brindó acceso a documentación técnica, planos eléctricos y al programa Ladder existente, además de las herramientas de software utilizadas en automatización industrial (CX-Programmer y CX-Designer). Esta información me permitió estudiar la secuencia de operación, identificar señales relevantes, evaluar restricciones del proceso y diseñar una mejora compatible con la lógica existente, sin interferir con la producción.

Las actividades se desarrollaron en dos entornos complementarios. En planta realicé el relevamiento y la recolección de información durante el horario laboral, y en mi domicilio particular desarrollé el análisis detallado del programa, la documentación técnica y verificaciones conceptuales. En total dediqué aproximadamente ocho horas netas diarias al proyecto, distribuidas entre el trabajo de campo en planta y el desarrollo técnico en mi computadora personal, donde también ejecuté modelados y simulaciones estructurales para estudiar el comportamiento del conjunto y respaldar la propuesta antes de una eventual puesta en marcha.

Durante el período de la PPS no implementé físicamente la modificación en la máquina, ya que la puesta en marcha quedó sujeta a la planificación y aprobación interna de la empresa. No obstante, dejé la solución desarrollada disponible para su futura aplicación en planta, con el objetivo de mejorar la operación del prensado sin alterar la secuencia general del equipo.

Detalle del trabajo realizado

Alcance de la intervención

La práctica consistió en modificar y optimizar la lógica de control de la prensa lateral de una paletizadora industrial, sin rediseñar el equipo. Incorporé un sensor magnético ON/OFF (IFM MR0120) para habilitar un modo de prensado limitado, manteniendo la secuencia y las temporizaciones originales del ciclo. Trabajé sobre un PLC Omron CJ2M-CPU34 programado en CX-Programmer.

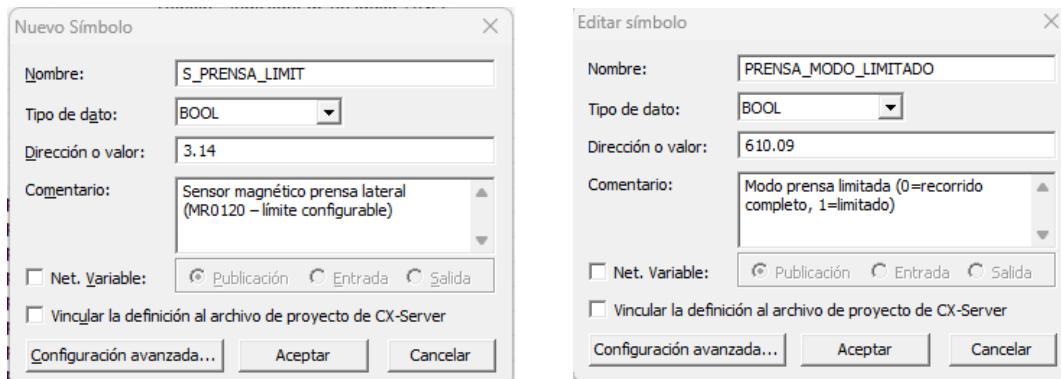
Selección de entrada y definición de variables

Para integrar el sensor asigné una entrada física libre del banco CIO.

Seleccioné **CIO 3.14**, ya que confirmé mediante revisión por bancos funcionales y búsqueda completa por dirección que no perteneció a seguridad, transporte, compuerta/elevador ni guardamotores, y que no estuvo referenciada en ningún rung del programa.

Variables y direccionamiento:

- **S_PRENSA_LIMIT** → CIO 3.14: señal del sensor MR0120 (posición alcanzada).
- **PRENSA_MODO_LIMITADO** → 610.09: selección de modo (0 = FULL, 1 = LIMITADO).
- **BLOQUEO_PRENSA_LIMIT** → W500.00: bloqueo interno de avance por modo limitado.

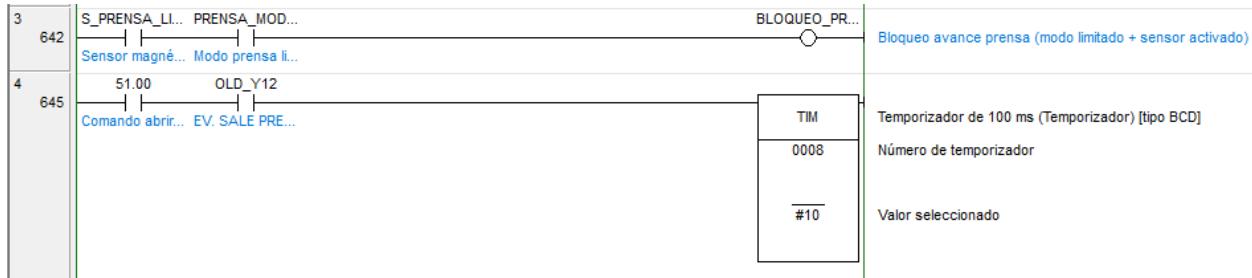


Implementé la condición:

- **BLOQUEO_PRENSA_LIMIT = PRENSA_MODO_LIMITADO AND S_PRENSA_LIMIT**

En términos operativos, el sensor solo tiene efecto cuando el equipo trabaja en modo LIMITADO. Si PRENSA_MODO_LIMITADO = 0 (FULL), entonces BLOQUEO_PRENSA_LIMIT se mantiene en 0 sin importar el estado de S_PRENSA_LIMIT, por lo que el sensor queda totalmente ignorado. En cambio, si PRENSA_MODO_LIMITADO = 1 (LIMITADO) y el sensor

S_PRENSA_LIMIT = 1, se activa BLOQUEO_PRENSA_LIMIT = 1, lo que inhibe el avance de la prensa al alcanzarse la posición límite.



Criterio de funcionamiento original y riesgo al “cortar por sensor”

Verifiqué que la prensa lateral no finalizaba su avance por realimentación de posición, sino por transición del ciclo principal: la salida Y12 se sostuvo durante el paso del ciclo correspondiente y se desactivó por la continuidad de la secuencia. En consecuencia, el retorno mediante Y34 dependió del encadenamiento lógico del ciclo y no de sensores de prensa.

Al introducir un límite por sensor, identifiqué que desenergizar la bobina de avance podía anticipar el retorno (según comportamiento efectivo del mando neumático), reduciendo el tiempo de prensado y la fuerza sostenida sobre la carga. Por ese motivo definí el sensor como limitación de recorrido sin alterar la temporización del ciclo.

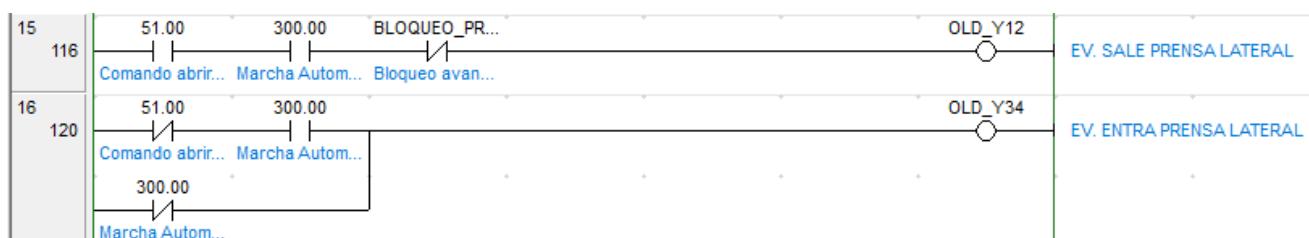
Solución implementada en modo AUTOMÁTICO

En modo LIMITADO, el objetivo funcional consistió en permitir que el avance se detuviera al llegar al sensor, conservando la secuencia y los tiempos originales del ciclo. Para ello, generé el bit interno BLOQUEO_PRENSA_LIMIT (W500.00) con:

W500.00 = 610.09 AND CIO 3.14, como se puede ver en la imagen anterior.

Y lo utilicé como interlock sobre el avance. Incorporé NOT BLOQUEO_PRENSA_LIMIT en los rungs que energizan Y12, dejando la habilitación como:

- (Condiciones originales de avance) AND (NOT BLOQUEO_PRENSA_LIMIT) \Rightarrow Y12



De manera que:

- En FULL ($610.09 = 0$): comportamiento idéntico al original.
- En LIMITADO ($610.09 = 1$): avance hasta el sensor y detención del recorrido antes del tope, manteniendo el tiempo de prensado definido por el ciclo.

Revisé el retroceso (Y34) y mantuve el criterio original, verificando que el cambio no generara dobles mandos ni estados indefinidos. En FULL el retorno se comportó igual que antes, y en LIMITADO el retorno se produjo dentro de la lógica global del ciclo.

Integración en modo MANUAL

En manual, la prensa formó parte de una secuencia multiplexada. Por ello apliqué el límite únicamente sobre el avance: agregué NOT

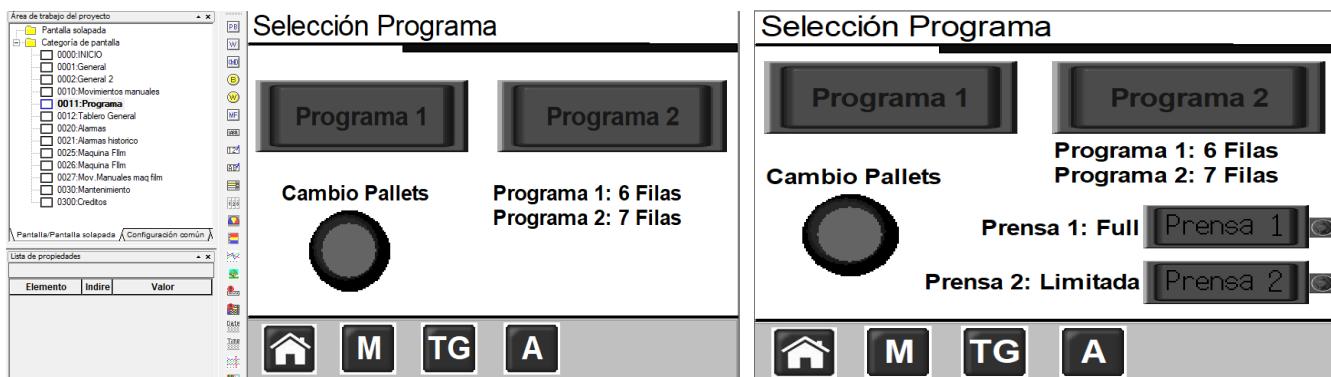
BLOQUEO_PRENSA_LIMIT en la rama manual de Y12 para impedir que el operador supere el punto del sensor en modo LIMITADO.

No modifiqué la lógica de retroceso manual (Y34), ya que no correspondió a un comando aislado, sino a una condición definida por la secuencia existente. De esta forma preservé el comportamiento validado.

Modificación en HMI (NS5) – Selección de modo FULL / LIMITADO

El HMI de la paletizadora (Omron NS5-MQ0[]-V2), desarrollado originalmente por un proveedor externo, lo modifiqué mediante CX-Designer para integrar el nuevo modo de prensado FULL / LIMITADO. Intervine la pantalla **0011 – Programa**, ya que fue la pantalla habitual de operación utilizada para la selección de programas de trabajo.

Verifiqué que los Programas 1 y 2 escribieron únicamente un valor en DM200 para la selección de receta/ciclo, y confirmé que no incorporaron parámetros propios del sistema de prensado. Por este motivo, definí el modo de prensa como una configuración global del sistema, independiente del programa activo. Con este criterio, incorporé el nuevo ajuste sin modificar la estructura existente de recetas ni el registro DM200 utilizado por el operador.



Para lograrlo, añadí una nueva sección dentro de la misma pantalla 0011, lo que me permitió seleccionar el modo de prensado directamente desde el HMI sin alterar las recetas actuales. En dicha sección agregué controles dedicados al modo de prensado, vinculados al bit de PLC PRENSA_MODO_LIMITADO (CIO 610.09):

Botón “Prensa 1”:

- Tipo: Botón ON/OFF
- Acción: RESET
- Dirección: HOST3:00610.09
- Función: Fuerza PRENSA_MODO_LIMITADO a “0” → modo FULL (recorrido completo)
- Lámpara asociada: Estado del bit 610.09

Botón “Prensa 2”:

- Tipo: Botón ON/OFF
- Acción: SET
- Dirección: HOST3:00610.09
- Función: Fuerza PRENSA_MODO_LIMITADO a “1” → modo LIMITADO (controlado por sensor)
- Lámpara asociada: Estado del bit 610.09

Mantuve la estética y la estructura general de la pantalla para preservar la experiencia de uso del operador y evitar cambios innecesarios en la operación. Con dos botones independientes y su indicación por lámpara, el operador identificó el modo activo de forma inmediata y pudo seleccionar el modo desde la misma pantalla de trabajo, sin acceder a menús adicionales.

Cálculo de fuerza del cilindro neumático

Utilicé los datos del catálogo (Serie CN10, ISO 15552) correspondientes al cilindro neumático Micro 0.049.260.300: cilindro de doble efecto con imán y amortiguación, diámetro de pistón $D = 50 \text{ mm}$, diámetro de vástago $d = 20 \text{ mm}$, carrera 300 mm y presión de trabajo $P = 6,5 \text{ bar} = 6,5 \times 10^5 \text{ Pa}$.

- Área del pistón mediante: $A_p = \frac{\pi D^2}{4} = 1,963 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- Fuerza de avance: $F_{av} = P \cdot A_p = 1276 \text{ N} = 1,28 \text{ kN}$

Adopté un factor global conservador de pérdidas (fricción y pérdidas internas) de $\eta = 0,85$, y estimé la fuerza real:

$$F_{av,r} = \eta \cdot F_{av} = 1085 \text{ N} = 1,09 \text{ kN}$$

Por lo tanto, la prensa aplica aproximadamente $F \approx 1,1 \text{ kN}$ reales en avance a 6,5 bar.

Para la simulación se adopta $F = 1100 \text{ N}$ como valor redondeado.

Por lo tanto, consideré $F \approx 1,1 \text{ kN}$ en avance y adopté $F = 1100 \text{ N}$ para la simulación. No analicé la fuerza de retroceso por no resultar relevante para la verificación del prensado.

Criterio de suficiencia – Cal vs. Cemento (modelo simplificado)

Justifiqué el sobreimpresionado mediante un modelo equivalente: la zona comprimida la representé como un resorte lineal:

$$F = k \cdot x$$

Cemento: k_c (más alto debido a material más “rígido”, menor compresibilidad)

Cal: k_l (más bajo, admite mayor deformación)

Como el proceso estuvo dominado por el recorrido FULL o LIMITADO, el sobreimpresionado se asoció al exceso de deformación en el material más compresible. Representé la energía aplicada como:

$$W = \int F \cdot dx = \frac{1}{2} kx^2$$

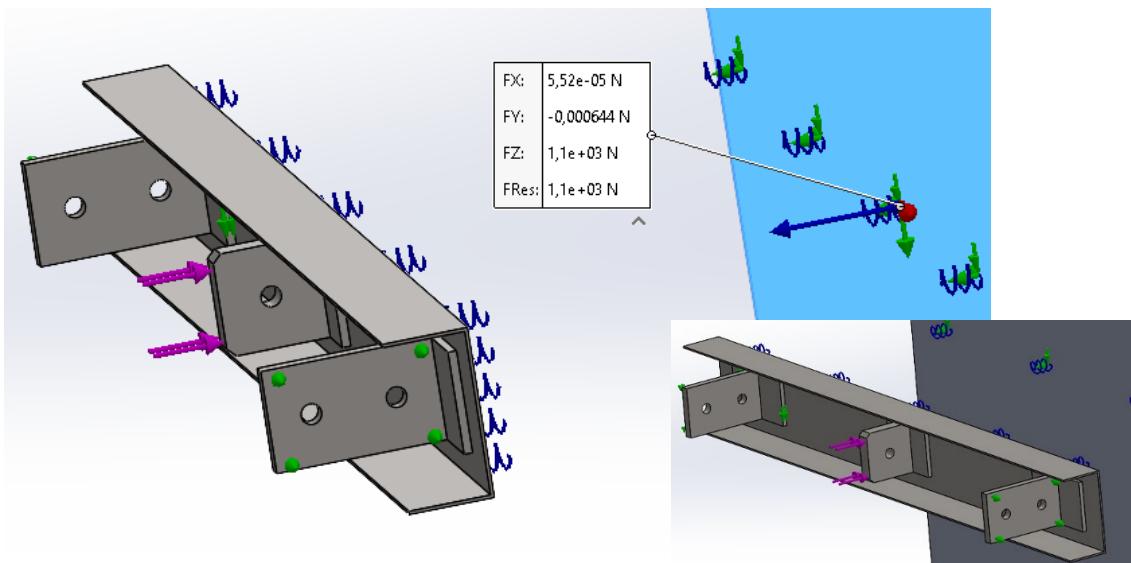
Para una fuerza disponible similar, si la válvula mantiene la presión, reducir el recorrido efectivo reduce el trabajo transmitido:

$$W_{lim} < W_{full}$$

por lo que en cal el recorrido completo incrementó la deformación y la energía aplicada, favoreciendo la deformación global de la capa. Al limitar carrera reduce x y controlé el trabajo aplicado sin modificar la fuerza neumática disponible.

Modelo equivalente del prensado y verificación estructural

Verifiqué tensiones y deformaciones de plancha y soportes sin rediseñar el conjunto. Ejecuté un estudio estático lineal (SolidWorks Simulation) con: material AISI 1020, carga F=1100 N aplicada en la unión vástago/horquilla, guías modeladas como sujeción tipo rodillo/deslizante, pared fija sin desplazamientos y “producto” modelado como resorte equivalente entre plancha y pared.



La única diferencia es la rigidez del resorte equivalente (valores definidos como hipótesis del modelo):

- Caso Cal (más compresible): $k_{cal} = 50 \frac{N}{mm}$
- Caso Cemento (más rígido): $k_{cem} = 200 \frac{N}{mm}$

Nota: los valores de k se utilizan como representación simple de la diferencia de compresibilidad entre materiales, sin modelar el comportamiento real no lineal de las bolsas.

En las capturas se observa que la fuerza del conector está casi totalmente en el eje del prensado:

$F_z \approx 1,1 \times 10^3 \text{ N}$, (F_x y F_y son despreciables).

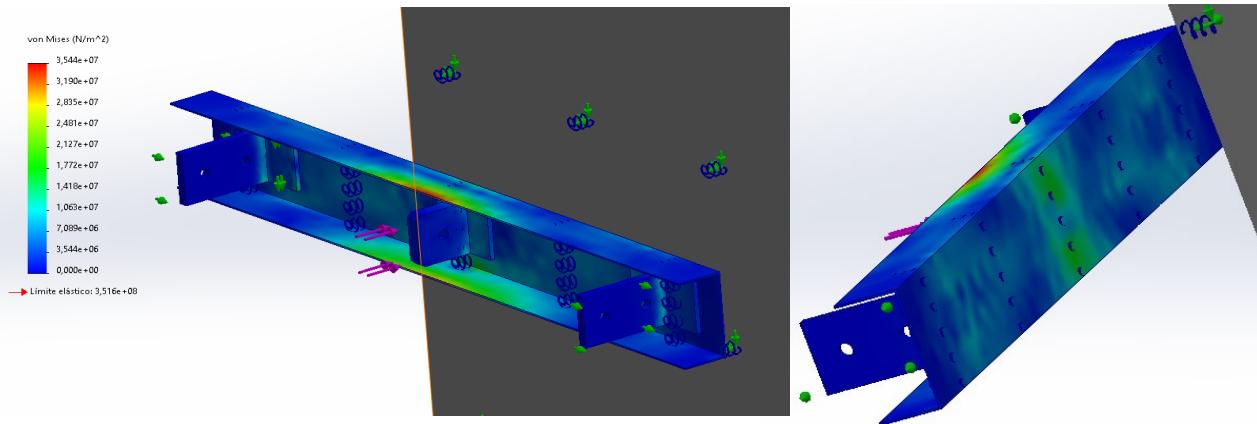
$F_{res} \approx 1,1 \times 10^3 \text{ N}$

Esto confirma que el modelo está cargado correctamente en la dirección del prensado.

Resultados extraídos de las simulaciones

Caso A — CAL (más compresible)

- von Mises máx: $\sigma_{V M,max} = 3,544 \times 10^7 Pa = 35,44 MPa$
- strain máx (ESTRN): $\varepsilon_{max} = 1,188 \times 10^{-4}$
- Fuerza del conector: $F_{res} \approx 1,1 \times 10^3 N$
- Desplazamiento máximo (URES): $x_{max} \approx 22,09 mm$



Caso B — CEMENTO (más rígido)

- von Mises máx: $\sigma_{V M,max} = 3,533 \times 10^7 Pa = 35,33 MPa *$
- strain máx (ESTRN): $\varepsilon_{max} = 1,184 \times 10^{-4}$
- Fuerza del conector: $F_{res} \approx 1,1 \times 10^3 N$
- Desplazamiento máximo (URES): $x_{max} = 5,589 mm$

* $\sigma_{V M,max}$ es casi igual porque la fuerza aplicada fue la misma (1100 N), el resorte solo cambia cuánto se desplaza, no la carga en la estructura.

Verificación estructural

Tomé como referencia el límite elástico de biblioteca para AISI 1020:

$$\sigma_y = 3,516 \times 10^8 Pa = 351,6 MPa$$

Factor de seguridad aproximado

$$F_s = \frac{\sigma_y}{\sigma_{V M,max}}$$

$$- \text{ Cal: } F_{s,cal} = \frac{351,6}{35,44} = 9,92 \quad - \text{ Cemento: } F_{s,cem} = \frac{351,6}{35,33} = 9,95$$

Para F=1100 N la plancha/soportes trabajan con tensiones muy por debajo del límite elástico. El comportamiento estructural es prácticamente igual en ambos casos (porque la carga es la misma), lo que cambia es la deformación del "producto", que se puede ver en el desplazamiento alcanzado en cada caso.

Conclusiones

Esta PPS me permitió comprobar que los conocimientos de la carrera me sirvieron como base real para intervenir sobre un sistema industrial existente. Aprendí a leer, comprender y modificar un programa Ladder de un equipo complejo en un entorno de software que no dominaba inicialmente, y desarrolle el criterio para introducir cambios mínimos, trazables y compatibles con una secuencia ya validada en producción.

También fortalecí mi capacidad de análisis técnico al evaluar el mando neumático de la prensa: razoné sobre el comportamiento de la electroválvula instalada y concluí que no fue necesario cambiarla, ya que la configuración 5/3 centro cerrado resultó adecuada para mantener posición durante el prensado. Esta instancia me dejó un aprendizaje clave: en planta pueden existir supuestos instalados sobre “cómo funciona” un conjunto, y tuve que validar cada hipótesis con evidencia del sistema antes de decidir.

En paralelo, apliqué herramientas de mecánica para justificar el fenómeno observado: calculé la fuerza del cilindro y verifiqué por simulación que la estructura trabajó con amplio margen de seguridad, entendiendo que el problema se relacionó principalmente con la compresibilidad del producto frente a un recorrido impuesto, y no con una insuficiencia estructural. Además, incorporé conocimientos de HMI, un área nueva para mí, e integré una opción de operación sin afectar recetas ni hábitos del operador.

En lo personal, consolidé competencias profesionales como el aprendizaje autónomo, la organización, la documentación clara y el método para diagnosticar y resolver problemas reales. En síntesis, esta PPS me acercó a la práctica de la ingeniería en condiciones reales, integrando automatización, neumática, interfaz y verificación mecánica con un enfoque aplicable y mantenable.