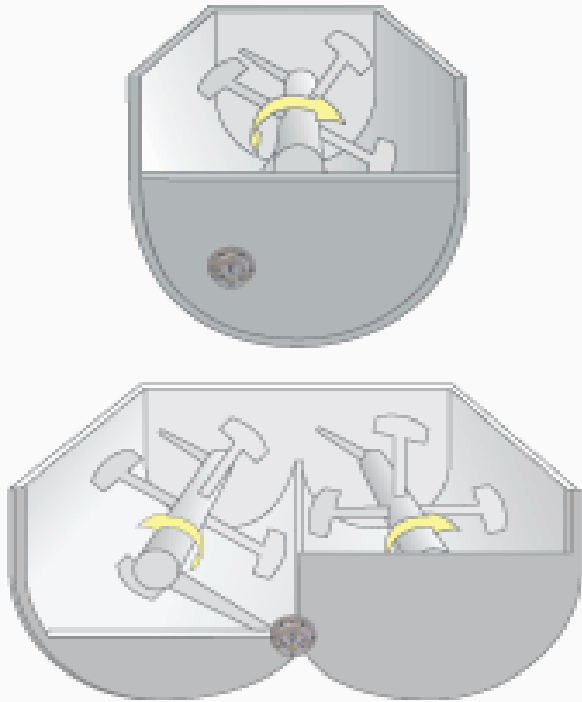
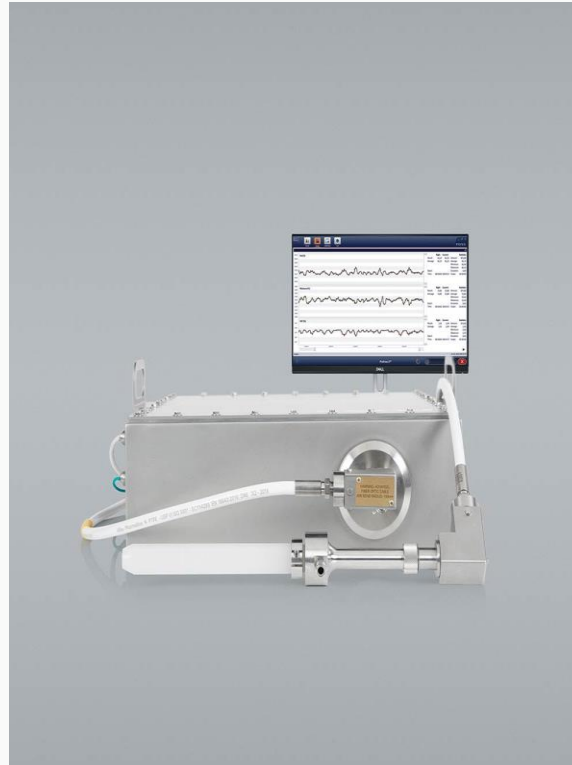


PREDICCIÓN DE LA HUMEDAD DE
DESCARGA EN EL PROCESO DE SECADO
DE MAÍZ MEDIANTE ALGORITMOS DE
APRENDIZAJE AUTOMATIZADO

Como ya se ha mencionado, la instrumentación para medir humedad en tiempo real para productos solidos tiene un **costo elevado** o **no resiste las condiciones del proceso de secado de gluten.**



Instrumentación de medición de humedad en línea por microondas



Instrumentación de medición de humedad en línea por espectroscopía.

Problemática

Problemática

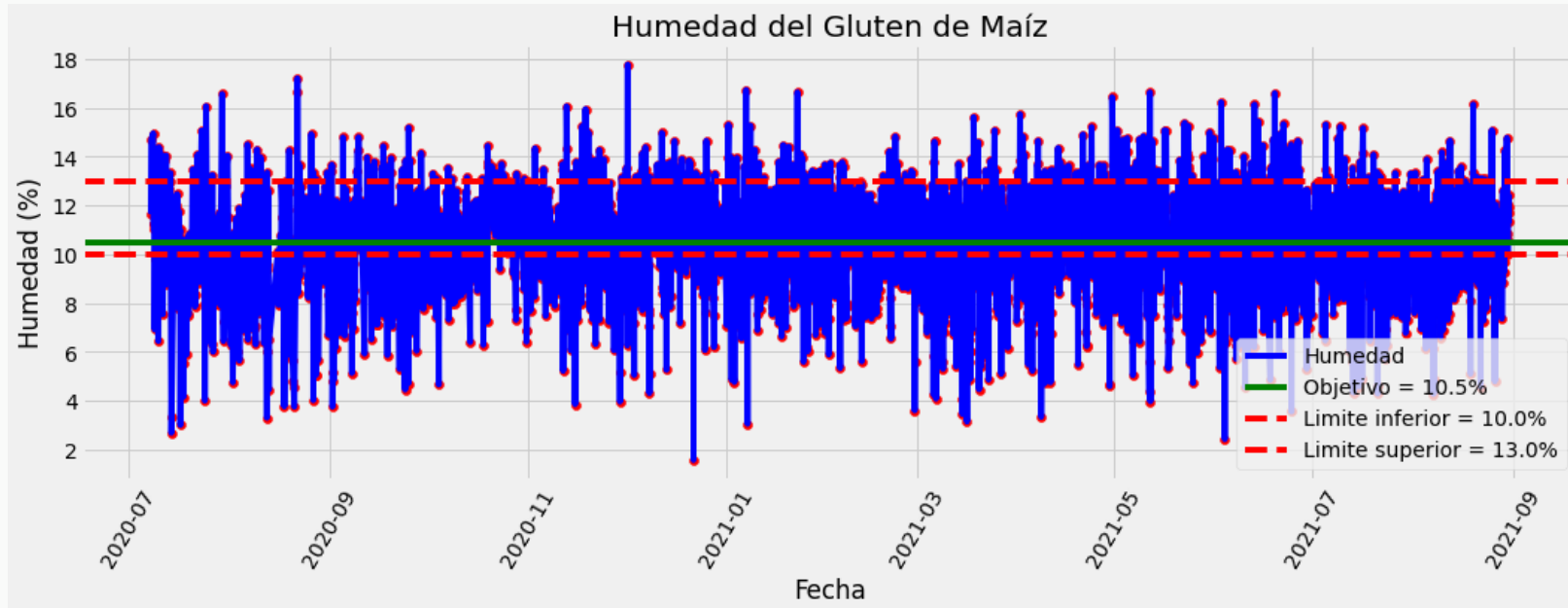
Actualmente **se obtiene un resultado de la humedad aproximadamente cada 2 horas** debido a que es realizado en el laboratorio. Esto implica que **no se tomen decisiones a tiempo para mantener la humedad en el valor objetivo (10.5 %)**

El equipo donde se obtiene la humedad del producto **no resiste las condiciones externas del proceso**, por eso debe estar en un ambiente con condiciones controladas.



El origen de la tardanza de obtención del resultado es debido a **los tiempos de secado del material** para calculo de la humedad.

El no tener en control la humedad, entiendo por control estar por arriba o por debajo de los valores establecidos por operaciones, **impacta directamente en costos elevados por reproceso**, así como en eventos de **calidad del producto**.



Problemática

OBJETIVOS

Objetivos

Objetivo General

Predecir con una precisión superior al **85%** la humedad a la descarga del proceso de secado de gluten de maíz con base en las variables medibles a través de instrumentación dentro del proceso.

Objetivo Específicos

- Obtener una base de datos con las variables dependientes e independientes involucradas en la operación del secado de gluten, seleccionadas con base en un análisis operacional con personal de producción.

Objetivo Específicos

- Encontrar las variables aleatorias de entrada que mejor predigan el comportamiento de la variable de salida humedad a través de técnicas tales como análisis de correlación.

- Probar diferentes modelos de predicción tales como:

- Modelos de regresión lineal multivariable (al ser el que mas rápido es de implementar en producción).
- Algoritmos de máquinas de vector soporte (SVM por sus siglas en inglés)

Para obtener valores en tiempo real.

Objetivos



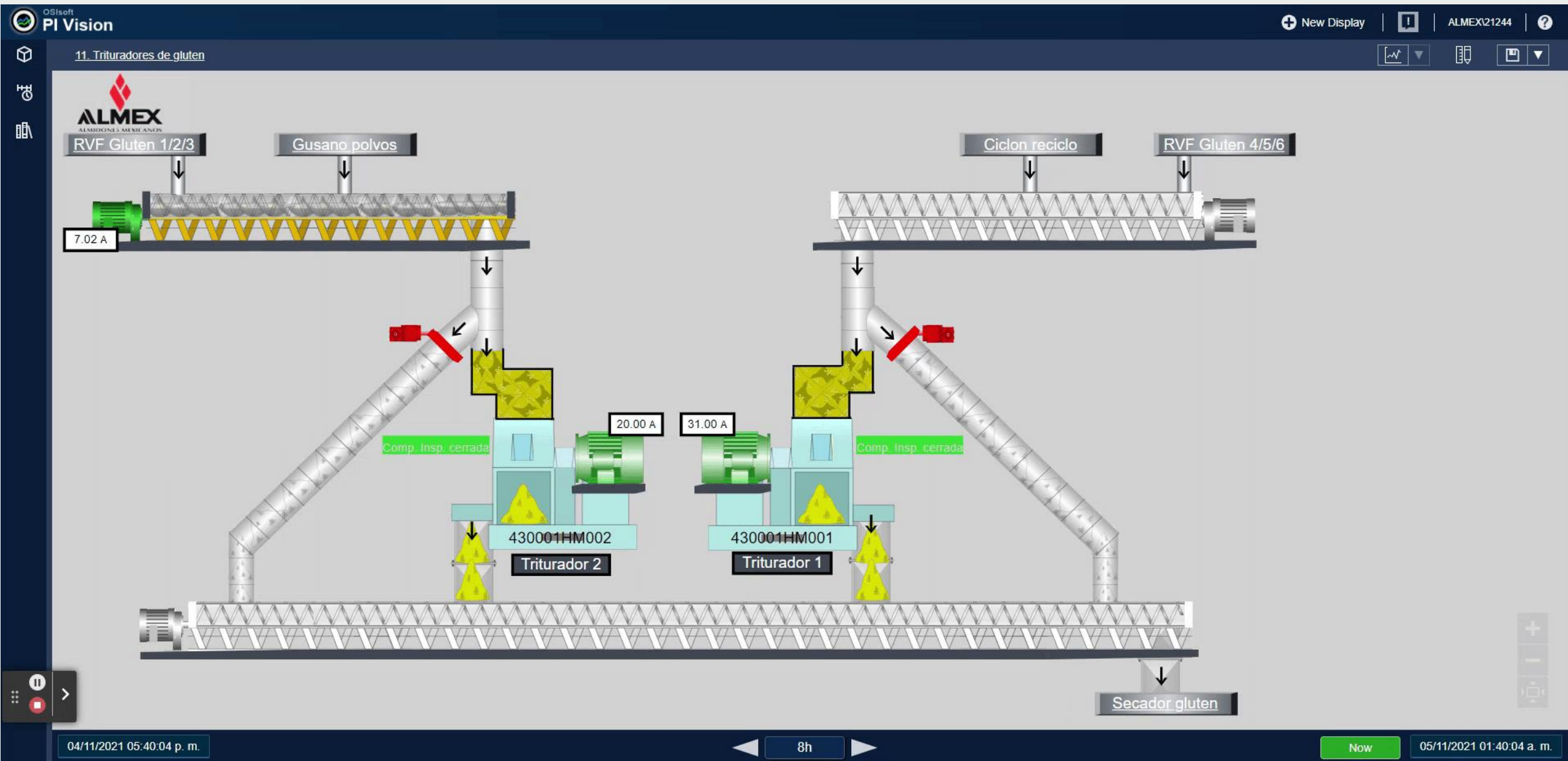
RESULTADOS

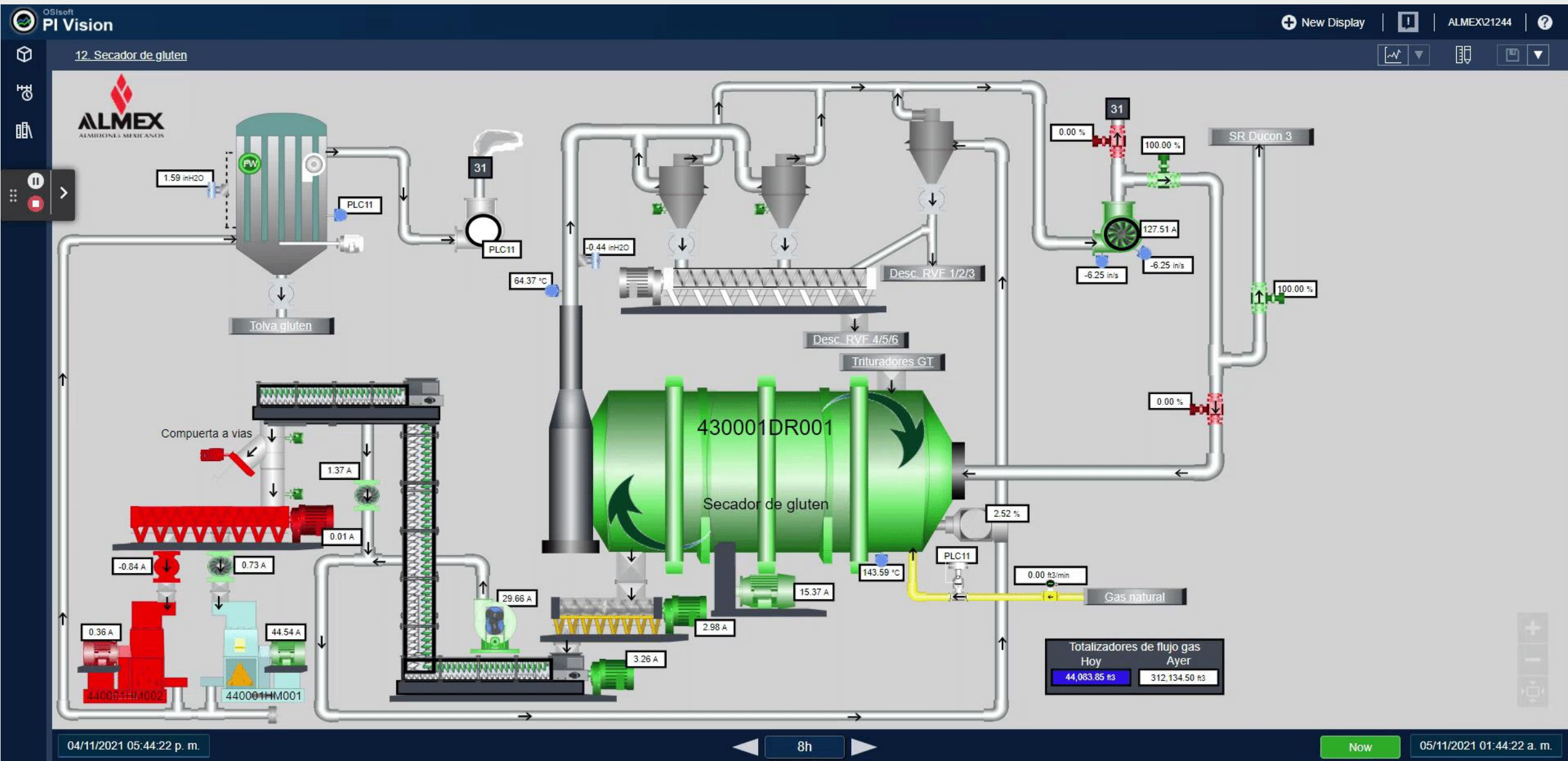
Base de datos

Esta base de datos está formada con información de las variables que describen el comportamiento del proceso de secado de gluten de maíz propiedad de Almidones mexicanos S.A. de C.V (cuyas siglas son ALMEX) y cuyo objetivo es obtener producto con una Humedad objetivo.

Se obtuvo a través de un software historizador de información proveniente de procesos productivos denominado PI System elaborado por Osisoft. Inc.

Cuenta con **3417 instancias, 34 entradas y un atributo de salida**, siendo el atributo de salida Humedad el referente de la hora en que se deben tomar los datos provenientes de los atributos medibles con instrumentación en línea del proceso. El atributo de salida es resultado de un análisis de laboratorio realizado por el departamento de calidad.





Entradas					
Indice	Variable	Descripción	UOM	Zero	Span
0	Nivel_RVF_1	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 1	%	0	100
1	RPM_RVF_1	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 1	rpm	0	1800
2	Nivel_RVF_2	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 2	%	0	100
3	RPM_RVF_2	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 2	rpm	0	1800
4	Nivel_RVF_3	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 3	%	0	100
5	RPM_RVF_3	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 3	rpm	0	1800
6	Nivel_RVF_4	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 4	%	0	100
7	RPM_RVF_4	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 4	rpm	0	1800
8	Nivel_RVF_5	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 5	%	0	100
9	RPM_RVF_5	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 5	rpm	0	1800
10	Nivel_RVF_6	Nivel de tina de filtro rotativo al vacío de gluten 6	%	0	100
11	RPM_RVF_6	Velocidad del motor del filtro rotativo al vacío de gluten 6	rpm	0	1800
12	Triturador_1	Estado del triturador de alimentación a secador de gluten 1	NA	Inactive	Active
13	Triturador_2	Estado del triturador de alimentación a secador de gluten 2	NA	Inactive	Active
14	Triturador_1_A	Corriente del motor del triturador de alimentación a secador de gluten 1	A	0	150
15	Triturador_2_A	Corriente del motor del triturador de alimentación a secador de gluten 2	A	0	150
16	Triturador_1_Bypass	Estado de la compuerta bypass del triturador de alimentación a secador de gluten 1	NA	Closed	Open
17	Triturador_2_Bypass	Estado de la compuerta bypass del triturador de alimentación a secador de gluten 2	NA	Closed	Open
18	TE	Temperatura de aire a la entrada del secador de Gluten	°C	0	1000
19	TS	Temperatura de aire a la salida del secador de Gluten	°C	0	200
20	Draft	Presión diferencial de la corriente de aire en el secador de Gluten	inH2O	-10	10
21	Flujo_gas	Flujo de gas combustible al quemador del secador de Gluten	scfm	0	1000
22	Flujo_aire	Flujo de aire de combustión al quemador del secador de Gluten	%	0	100
23	Damper_Reciclo	Apertura del dâmpers de reciclo de exhaustos al secador de Gluten	%	0	100
24	Damper_atm	Apertura del dâmpers a la atmosfera del secador de Gluten	%	0	100
25	Damper_scrubber	Apertura del dâmpers al lavador de exhaustos del secador de Gluten	%	0	100
26	Motor_Secador	Corriente del motor del hogar del secador de Gluten	A	0	50
27	Motor_ventilador_humos	Corriente del motor del ventilador de exhaustos (humos) del secador de Gluten	A	0	180
28	Motor_soplador_reciclo	Corriente del motor del soplador de reciclo de Gluten seco al secador de Gluten	A	0	50
29	Motor_gusano_descarga	Corriente del motor del transportador de gusano de descarga del secador de Gluten	A	0	10
30	Motor_rastra_descarga	Corriente del motor del transportador rastra de descarga del secador de Gluten	A	0	20
31	Molino_salida_1	Corriente del motor de molino de gluten seco 1	A	0	250
32	Molino_salida_2	Corriente del motor de molino de gluten seco 2	A	0	250
33	Presion_filtro_bolsa	Presión diferencial del filtro bolsa del transporte de gluten seco	inH2O	-10	10
Salidas					
Indice	Variable	Descripción	UOM	Zero	Span
0	Humedad	Humedad en porcentaje masa del gluten seco	%	0	100

• **Nota:** se toma el amperaje de los motores de los equipos como una referencia de la cantidad de masa de gluten que el equipo está procesando.

Ingeniería de características

- Se cambiaron a variables numéricas las que presentaban algún estado (On/Off, Closed/Open, etc).
- Las características que presentan datos vacíos se descartaron con a un análisis de correlación.
- Se encontraron 6 valores atípicos en el análisis de la regresión lineal inicial. Se estudió cada uno de ellos encontrando errores en la toma del dato y se descartaron.

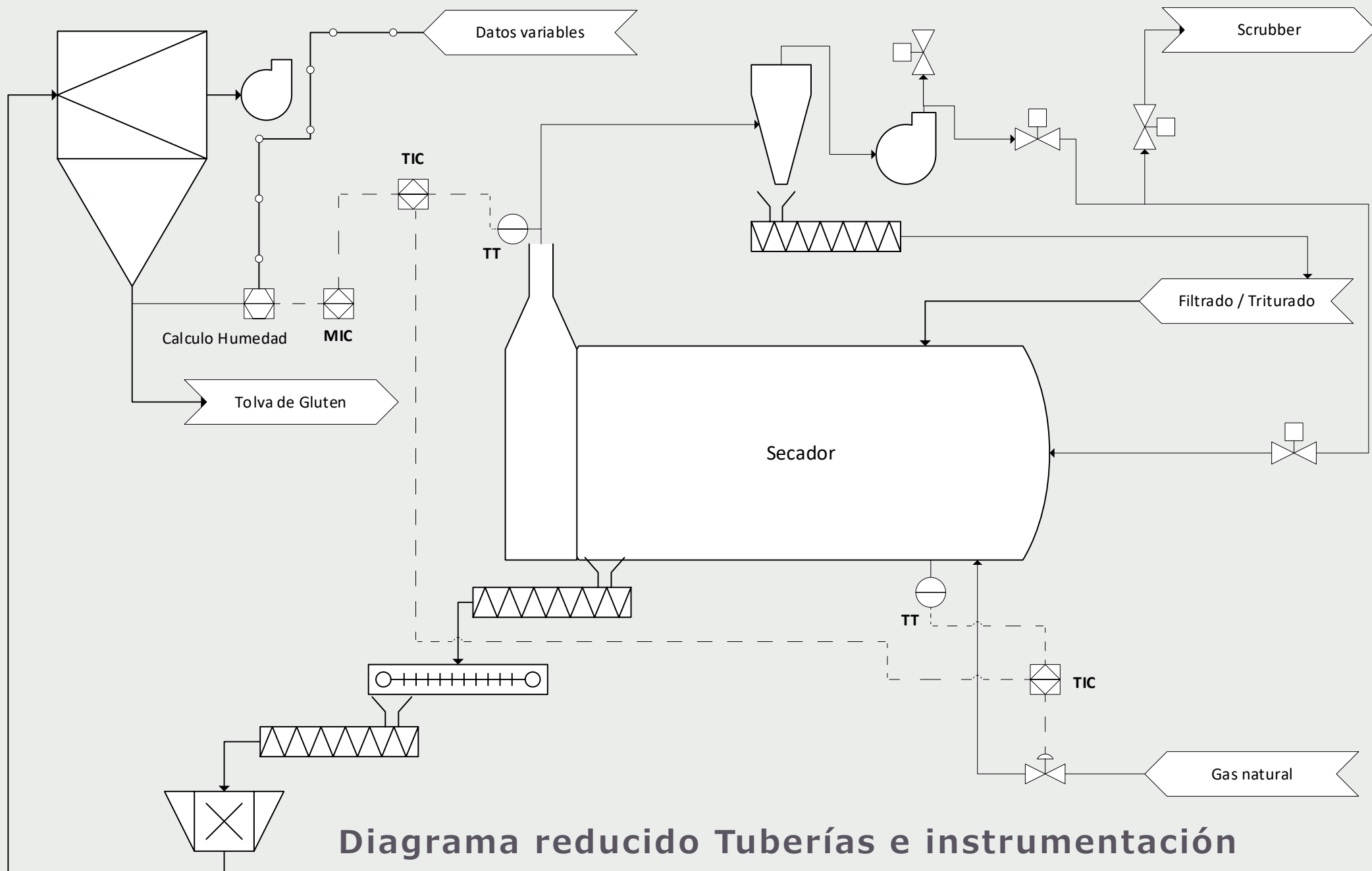
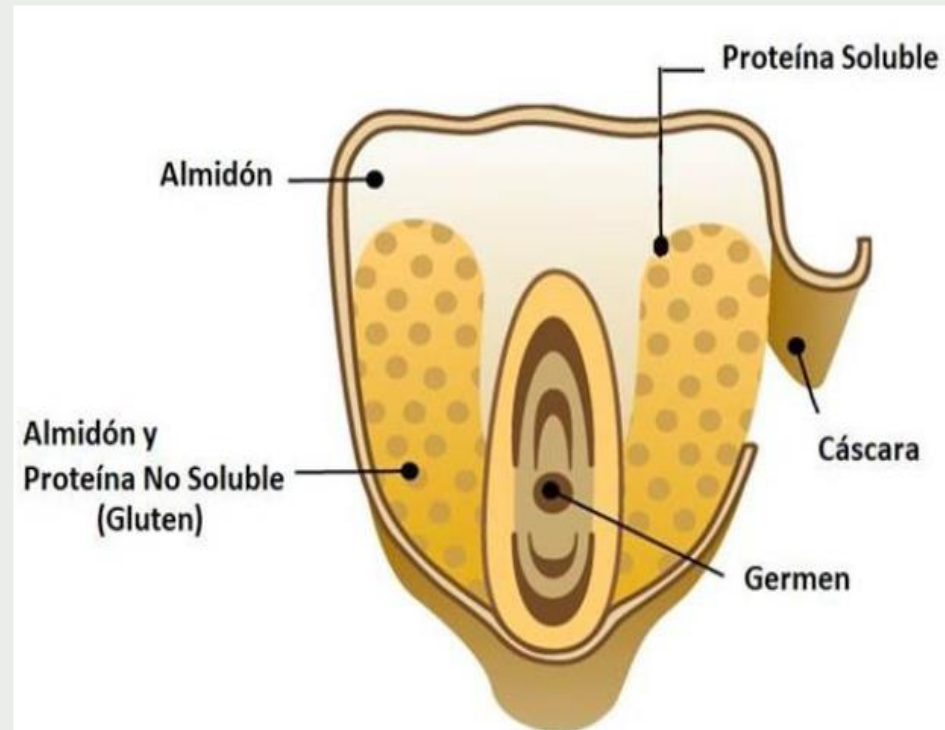


Diagrama reducido Tuberías e instrumentación

INFORMACIÓN ADICIONAL

¿Qué es el gluten de maíz?



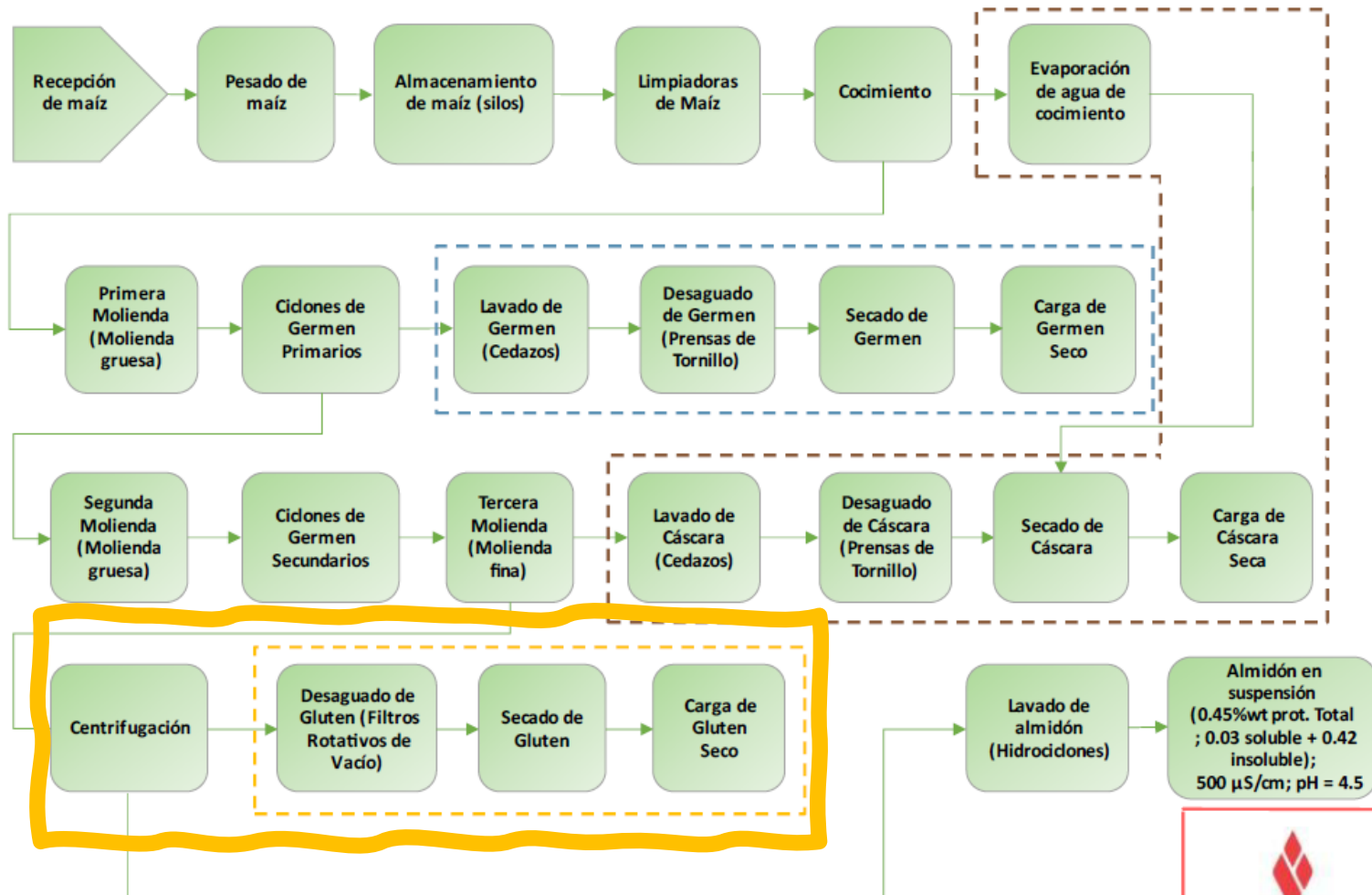
Características buscadas en producto final:

- **Humedad:** Entre 10.5% y 13%
- **Proteína base comercial:** Superior al 60%

Producto derivado de la molienda húmeda del grano de maíz. En este proceso se separa en primer lugar la parte soluble (Cocimiento del maíz) y posteriormente se divide por centrifugación en almidón y **gluten**. Este último contiene la mayor parte de la proteína del endospermo del grano (zeína), junto con pequeñas cantidades de fibra y almidón no purificadas en el proceso.

- **Granulometría malla 16:** Que el producto pase, al menos, 70%
- **Color:** Clasificación A, B, o C. D es rechazo

Molienda Húmeda de Maíz



DESCRIPCIÓN
GENERAL DE LA
MOLIENDA
HÚMEDA DEL
MAÍZ.

OPERACIÓN UNITARIA SECADO

- El secado se describe como un proceso de eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido y seco.
- La humedad se presenta como una solución líquida dentro del sólido, es decir, en la microestructura de este.
- El equipo donde se realiza el estudio es un **secador rotatorio**, el consiste en un tambor que gira sobre su eje central por el que circula el material a secar. Por el interior del tambor se introduce una corriente de aire caliente que será simultáneamente el medio de transmisión de calor y vehículo para el transporte de humedad.

