



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay

INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)

Optimización del proceso de secado de malta
tipo pilsen

Proyecto N°: PFC1305D

Autores:

- **Diego Cabrera**
- **Gustavo Esponda**

Tutor:

- **Ing. Oscar Alberto Diaz Abal**

Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo

AÑO 2015

Resumen ejecutivo

La compañía cuenta con un presupuesto para la compra e instalación de los equipos, pero no fueron verificados, ni cuantificados de manera eficiente los beneficios económicos posibles con la instalación de dichos equipos.

Para secar en 20 horas es necesario una humedad absoluta del aire ambiente de 7,6 gr/Kg, según dimensionamiento del proveedor estos equipos son capaces de disminuir la humedad absoluta por debajo de lo necesario.

El proceso de secado no puede ser realizado con ciclos menores a 20 horas, dado que esto genera que el cuello de botella pase a ser el proceso de germinación, el cual no puede ser menor de 96 horas por requerimientos de calidad.

El margen de ganancia económica del proyecto está directamente vinculado con el ciclo de secado, cuanto menor sea el ciclo de secado, mayor la producción obtenida, por lo tanto mayor margen económico.

El análisis económico fue realizado con un ciclo de 20 horas, el cual arrojó resultados negativos de ganancia económica.

Se hicieron simulaciones con ciclos menores de secado, donde se obtienen ganancias con el proyecto, pero en estas situaciones no sería viable debido a la falta de horas de germinación.

Por lo tanto se debería de evaluar en conjunto con las alternativas existentes para disminuir horas en el proceso de germinación.

Otra opción que podría hacer viable el proyecto sería disminuir la cantidad de equipos desecantes (10 presupuestados) dado que el proveedor para dimensionar tuvo en cuenta el caudal de aire total necesario, pero la humedad absoluta obtenida es mucho menor a la necesaria. Esto fue cuestionado al proveedor, sin obtener respuesta al momento.

Esto también podría evaluarse, calculando la cantidad necesaria de equipos, para obtener mezclando aire “seco” con aire ambiente, de manera de lograr una mezcla e aire con las condiciones necesarias (7,6 gr/Kg).

Executive Summary

The company has a budget for the purchase and installation of drier equipment, but there were not verified, and efficiently quantified the potential economic benefits of installing such equipment.

To dry in 20 hours is required absolute humidity of 7.6 gr / kg air, according with the data provided for the equipment seller these equipment sizing are able to decrease below the absolute humidity necessary (7.6 gr/Kg).

The drying process can not be performed with minor cycles to 20 hours, as this generates the bottleneck becomes the germination process, which can not be less than 96 hours by quality requirements.

The net economic profit of the project is directly linked to the drying cycle, the lower the drying cycle, the greater the yield obtained, thus higher economic margin.

The economic analysis was performed with a cycle of 20 hours of the drying process , which yielded negative results for economic gain.

Economic simulations were made simulations under lower drying cycles (less than 20 hours), positive profits are obtained, but in these situations would not be feasible due to lack of hours of germination.

Therefore it should be evaluated in conjunction with existing alternatives to reduce hours in the germination process.

Another option that could make the project viable would be decrease the amount of desiccant equipment (10 budgeted) because the equipment supplier to do the engineering selection took into account the total air flow required but obtained that the absolute humidity is much less than necessary. This was challenged to the supplier, no response at the time.

This could also be assessed by calculating the required amount of equipment for mixing "dry" air with ambient air, in order to achieve a mixture of air with the necessary conditions (7.6 g / kg).

Agradecimientos

- A nuestras familias, por el apoyo incondicional.
- A la facultad, por brindarnos los conocimientos y siempre abrirnos sus puertas.
- A todos nuestros amigos y compañeros de carrera.
- Al ing. Oscar Alberto Díaz Abal, por habernos ayudado con sus conocimientos y dedicado de su tiempo.
- A la empresa por habernos confiado su proyecto y permitirnos desarrollar el mismo.

Introducción

Antecedentes y justificativas

Maltería Cympay S.A. , para un proyecto de mejora, ha presupuestado la compra e instalación de nuevos equipos. La nueva instalación es tecnológicamente viable pero, pero en el alcance inicial no ha sido evaluada su factibilidad desde el alcance económico y financiero de la inversión.

Los equipos serían instalados en su planta industrial situada en Paysandú – Uruguay.

El proceso de malteo es complejo e influenciado por diferentes factores: humedad, temperatura, tiempos, etc., con el fin de alcanzar los objetivos cualitativos y cuantitativos en la malta pronta.

La Calidad del producto (malta), así como la Productividad del sistema, depende de una compleja combinación de las características psicrométricas del aire atmosférico que ingresa al proceso, con el consumo de cebada, agua, energía eléctrica, leña y el control de mermas de proceso. Adicionalmente los costos operativos deben guardar relación con el beneficio esperado.

En los casos de las malterías del Grupo (Porto Alegre- Rio grande do Sul, Nueva Palmira-Colonia, Paysandú, Puan – Bahía Blanca, Passo Fundo – Rio grande do Sul), no existe instalada la tecnología propuesta, y se desconoce malterías que hayan utilizado este tipo de tecnología en otras partes del mundo, para excluir como factor principal el clima.

Objetivos

- Estudio de viabilidad económica de instalación de secadores de aire industriales.
- Mejorar eficiencia de ciclo de secado de malta.
- Cuantificar la mejora en el impacto económico, ambiental.

Metodología General

1. Realizar estudio de variantes en las condiciones climáticas de la zona.
2. Estudio avanzado de funcionamiento y criterios de selección de secadores.
3. Estudio energético del proceso alcanzado, cuantificar energía consumida antes y después del proyecto.
4. Cuantificar mejoras en productividad.
5. Estudio de viabilidad económica.

Preparó: Gustavo Esponda / Diego Cabrera	Revisó: Gustavo Puente	Aprobó:	Página 1 de 2
---	---------------------------	---------	---------------

Para alcanzar nuestros objetivos, cumpliendo con la metodología propuesta, haremos uso de las herramientas y conocimientos adquiridos en las cátedras de la carrera Ingeniería electromecánica enunciadas a continuación:

- Mecánica de los fluidos.
- Maquinas térmicas.
- Economía.
- Termodinámica técnica.
- Maquinas eléctricas.
- Formulación y evaluación del proyecto de inversión.
- Instalaciones térmicas mecánicas y frigoríficas.
- Instalaciones industriales regionales.

Preparó: Gustavo Esponda / Diego Cabrera	Revisó: Gustavo Puente	Aprobó:	Página 2 de 2
---	---------------------------	---------	---------------

1. Objetivos Generales

- Estudio de viabilidad económica de instalación de secadores de aire industriales.
- Mejorar eficiencia de ciclo de secado de malta.
- Cuantificar la mejora en el impacto económico, ambiental.

2. Alcances

- Variables atmosféricas del aire local.
- Proceso productivo en planta local.
- Balances de masa y energía.
- Ingeniería básica.
- Estudio Económico / Financiero

3. Plan de trabajo

Desarrollo del proyecto

Nombre de la tarea	Comienzo	Fin	Duración [Días]
A- Anexo II - PFC-1305D- OPTIMIZACIÓN DEL SECADO DE MALTA TIPO PILSEN Cabrera-Esponda	01/05/2013	16/05/2013	15
C-PFC-14XXY- Introducción y Situación Problemática-Rev00.	10/07/2014	14/07/2014	5
D-PFC-14XXY- Objetivos-Alcances Plan de Trabajo-Rev00.	31/10/2014	03/11/2014	3
E-PFC-14XXY- Ingeniería Básica-Rev00.	10/11/2014	10/12/2014	30
F-PFC-14XXY- Ingeniería de Detalles-Rev00.	11/12/2014	20/01/2015	40
G-PFC-14XXY- Memorias de Cálculo-Rev00.	11/12/2014	20/01/2015	40
H-PFC-14XXY- Anexos Complementarios-Rev00.	25/01/2015	30/01/2015	5
I-PFC-14XXY- Presentación Para la Defensa-Rev00	01/02/2015	04/02/2015	3
B-PFC-14XXY- Carátula-Resumen Ejecutivo- Agradecimientos	04/02/2015	07/02/2015	3

Alumnos:

Cabrera, Diego
Esponda, Gustavo

PLAN DE ENTREGAS PARCIALES		Plan de Entregas para:		
		Rev01	Rev02	Aprob.
A-Anexo II – PFC-14XXY- (TITULO-Autores)	1º	16/05/13		
B-PFC-14XXY- Carátula-Resumen Ejecutivo- Agradecimientos	8º	07/02/15		
C-PFC-14XXY- Introducción y Situación Problemática-Rev00.	2º	14/07/14		
D-PFC-14XXY- Objetivos-Alcances Plan de Trabajo-Rev00.	3º	03/11/14		
E-PFC-14XXY- Ingeniería Básica-Rev00.	4º	10/12/14		
F-PFC-14XXY- Ingeniería de Detalles-Rev00.	5º	20/01/15		
G-PFC-14XXY- Memorias de Cálculo-Rev00.	6º	20/01/15		
H-PFC-14XXY- Anexos Complementarios-Rev00.	6º	30/01/15		
I-PFC-14XXY- Presentación Para la Defensa-Rev00	7º	04/02/15		
FECHA ESTIMADA DE PRESENTACIÓN Anexo-III + 1 Copia Papel + 3 Copias DVD				
Fecha Defensa Pública				

Alumnos:

Cabrera, Diego
Esponda, Gustavo

Introducción.....	2
Descripción breve del proceso de malteo de cebada cervecera.....	2
Recepción/ Limpieza	2
Almacenamiento.....	2
Limpieza/Clasificación.....	2
Maceración o Remojo.....	2
Germinación	2
Secado.....	2
Desgerminado.....	2
Almacenamiento.....	3
Expedición	3
Diagrama de bloque del proceso de producción de malta.....	4
Descripción detallada de las etapas principales del proceso de producción de malta.....	6
Maceración o remojo	6
Germinación	7
Secado.....	8
Mejoras en etapa de presecado	10
Principio de funcionamiento del deshumidificador.....	14
Ingeniería básica.....	16
Estudio de viabilidad tecnológica.....	16
Estudio de viabilidad en seguridad e higiene ambiental.....	16
Estudio de Impacto ambiental	16
Estudio de Impacto en seguridad.....	17
Estudio de viabilidad económica.....	17
Lay out de instalación del equipo deshumidificador	18

Introducción

Descripción breve del proceso de malteo de cebada cervecera

Los pasos generales en el proceso de malteo, desde el ingreso de cebada al almacenamiento de producto acabado, se resumen a continuación.

Recepción/ Limpieza

Recepción de cebada del productor.

Existe un punto de muestreo y análisis para asegurar la calidad de la materia prima.

Remoción de materiales no deseados como polvo, paja, semillas extrañas, piedras y granos pequeños.

Almacenamiento

Equipara la necesidad de recibir materia prima en un corto periodo de tiempo con la de abastecer el proceso a largo plazo. Mantiene el grano en un ambiente fresco, seco y ventilado para prevenir degradación por parte de bacterias, hongos y pestes.

Limpieza/Clasificación

Realiza una limpieza física en seco previa al proceso por medio de máquinas de zarandas, así como también se clasifica el grano según su tamaño, utilizando solo los más grandes.

Maceración o Remojo

Limpia el grano. Hidrata y airea el grano para iniciar germinación por activación del embrión.

Germinación

Permite el crecimiento del embrión en condiciones controladas de humedad y temperatura los que provoca el desarrollo de enzimas para romper las paredes celulares del endosperma.

Secado

Reduce el contenido de humedad de la malta para detener la germinación, retener actividad enzimática y permitir almacenamiento y transporte. Remueve sabores indeseables, desarrolla color y sabores deseables y seca la raicilla para permitir su posterior remoción.

Desgerminado

Remueve la raicilla o brote del grano ya seco.

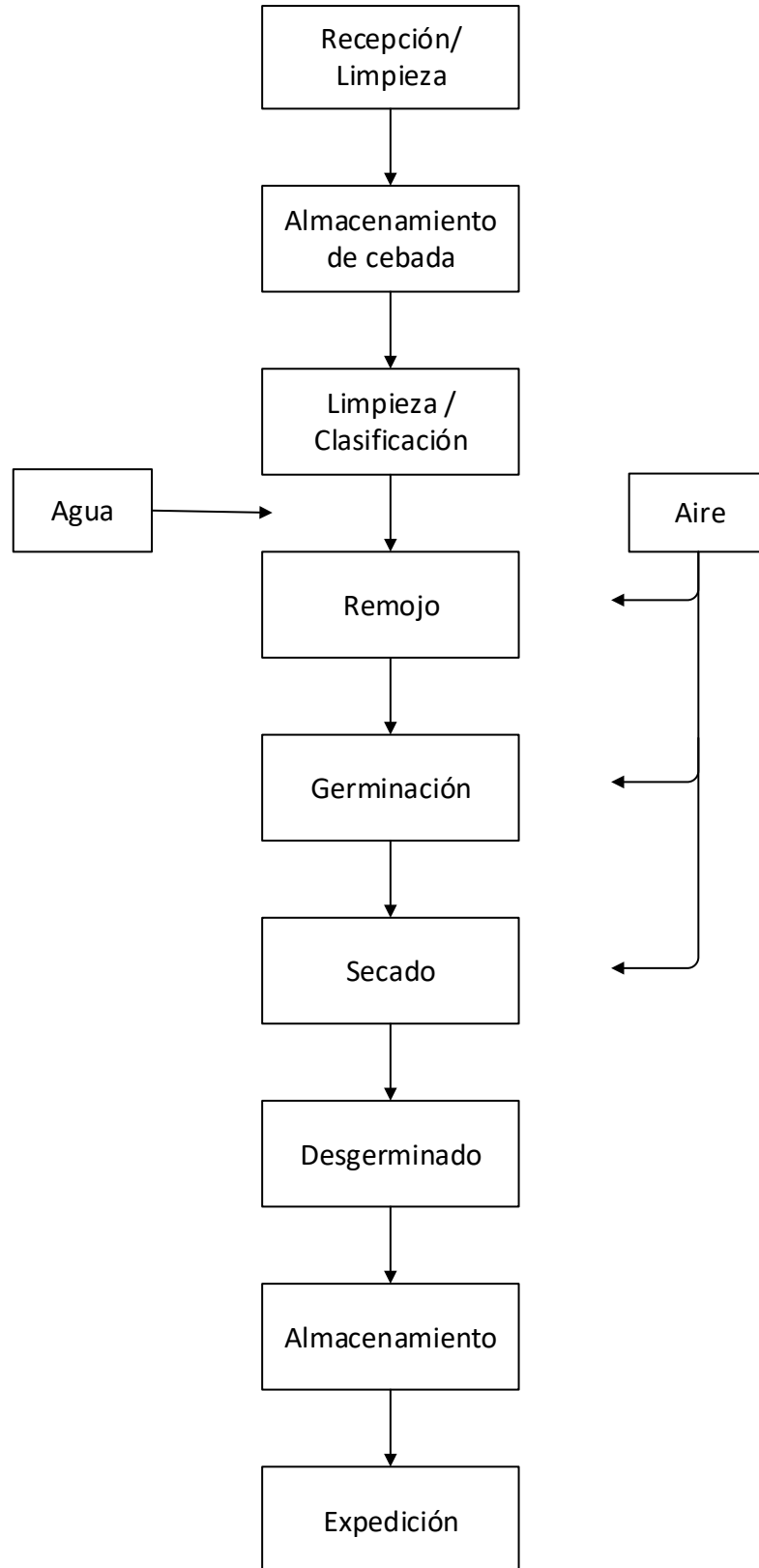
Almacenamiento

Mantiene el contenido de humedad y protege la calidad previamente al despacho.

Expedición

Expedición de malta Pilsen, por medio de vagones, camiones, barcos.

Diagrama de bloque del proceso de producción de malta



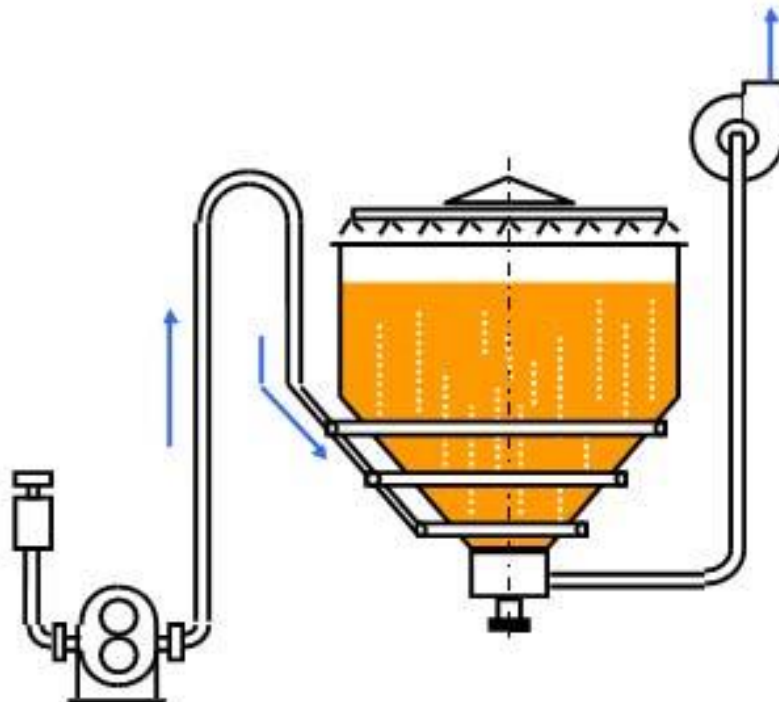
Descripción detallada de las etapas principales del proceso de producción de malta

Maceración o remojo

La maceración tiene como objetivo principal activar metabólicamente los granos de cebada para dar inicio a la germinación y realizar una limpieza de las cáscaras en las cuales se encuentran normalmente polifenoles, microorganismos, proteínas, etc.

La técnica de maceración consiste en someter a la cebada alternadamente a sucesivos períodos húmedos (cebada con agua) y períodos secos (cebada sin agua o cebada drenada) hasta que sea alcanzado el grado de maceración deseado que normalmente es de 38 a 42%.

Con el aumento del tenor de humedad, la tasa de respiración de los granos se incrementa generando calor y CO_2 , por lo que es indispensable la aspiración del gas carbónico durante los períodos secos (evitar que el grano se asfixie). También es de gran importancia la aireación de la cebada bajo agua durante los períodos húmedos para mantener oxigenado los granos.



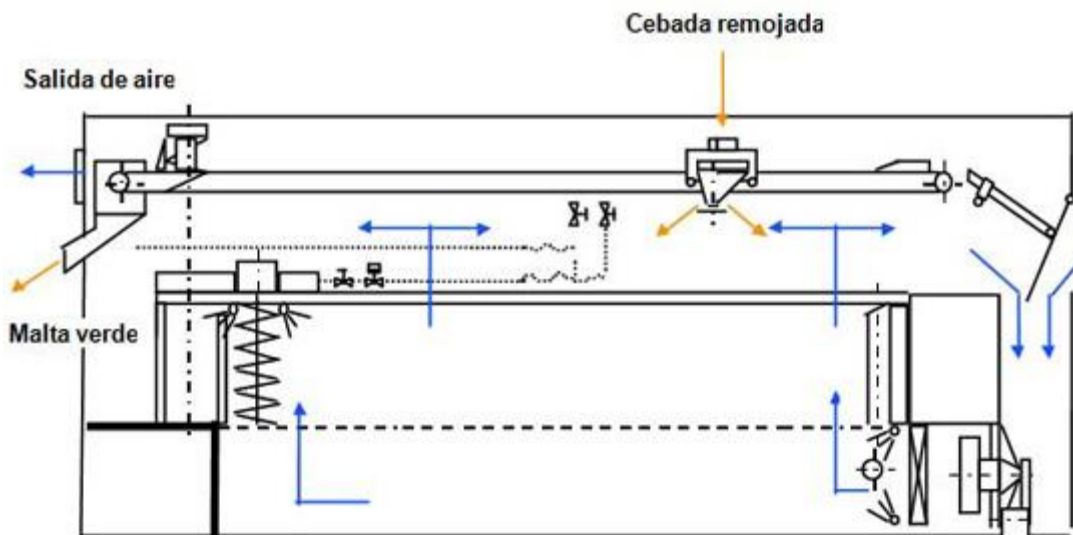
Germinación

La germinación es el proceso biológico en el cual los órganos localizados en el embrión (raíces y plúmula) se desarrollan en base a las sustancias de reserva depositadas en el endosperma.

Para poder utilizar dichas sustancias previamente se deben disolver (digerir) y para ello son necesarias las enzimas hidrolíticas (necesitan agua para actuar). Estas enzimas son segregadas por la capa de aleurona a partir de la activación recibida por el ácido giberélico (hormona) de origen embrionario y externo.

Para iniciar la germinación de los granos de cebada se necesita una humedad de aprox. 30%, pero para que sea alcanzada la disolución deseada de las sustancias de reserva (endosperma), es necesario elevar los porcentajes de humedad a valores que oscilan entre 44 y 48% (estos valores varían según la variedad y las pretensiones de calidad de la cebada en proceso).

Los procesos biológicos de germinación son dirigidos dentro de ciertos límites y a través de factores que tienen influencia en el desarrollo del grano (humedad, temperatura, tiempo y oxígeno), para lograr la calidad de malta deseada. Los pasajes de máquinas en remoción por el lecho de grano se realizan con el fin de agregar de aditivos (Ácido Giberélico) y riegos (para lograr la humedad de malta verde deseada), como así también para evitar enraizamientos elevados, permitir una buena circulación de aire, etc.



Secado

Los objetivos del secado de malta verde son:

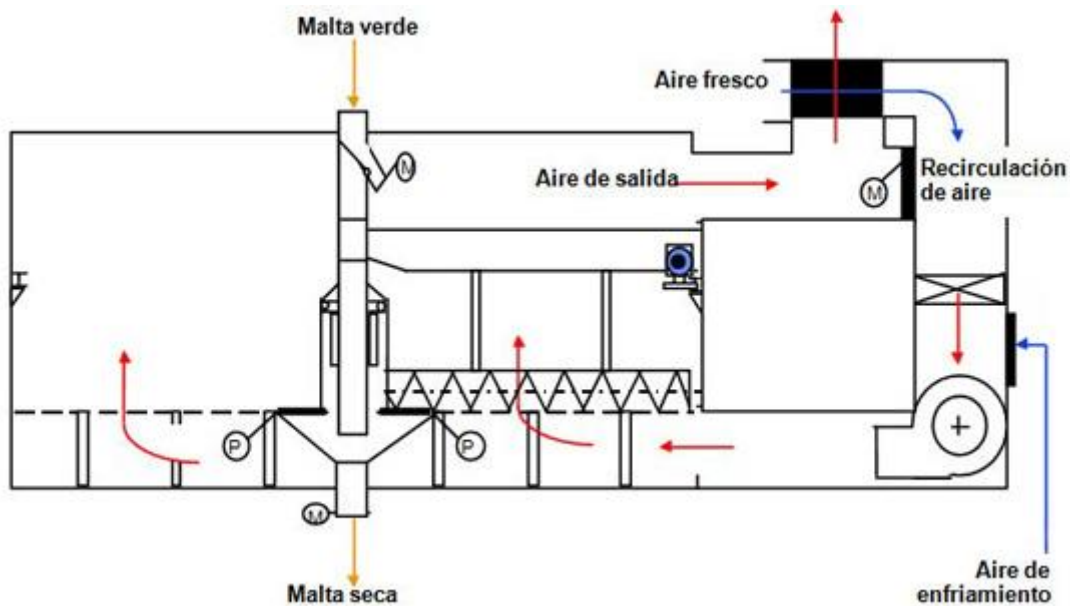
a) Finalizar los procesos biológicos y fijar las propiedades físicas y químicas logradas en germinación (contenido de enzimas, disolución de paredes celulares, contenidos proteicos, etc.).

b) Eliminar el aroma a malta verde o crudo que tiene el producto antes del secado para transmitir a la malta el aroma y paladar característico, como así también, el color (formación de melanoidinas) relativo al tipo de malta que se está fabricando.

c) Transformar a la malta verde en un producto almacenable.

d) Facilitar la retirada de raíces ya que ellas transmiten un gusto astringente a la cerveza.

e) Disminución de precursores de Sulfuro de Dimetilo (pDMS) Cantidades elevadas, aunque expresadas en ppm, pueden transmitir a la cerveza sabores y aromas a vegetales cocidos.



Etapas del proceso de secado.

El proceso de secado tiene dos etapas fundamentales: *Pre-Secado* y *Secado Final*

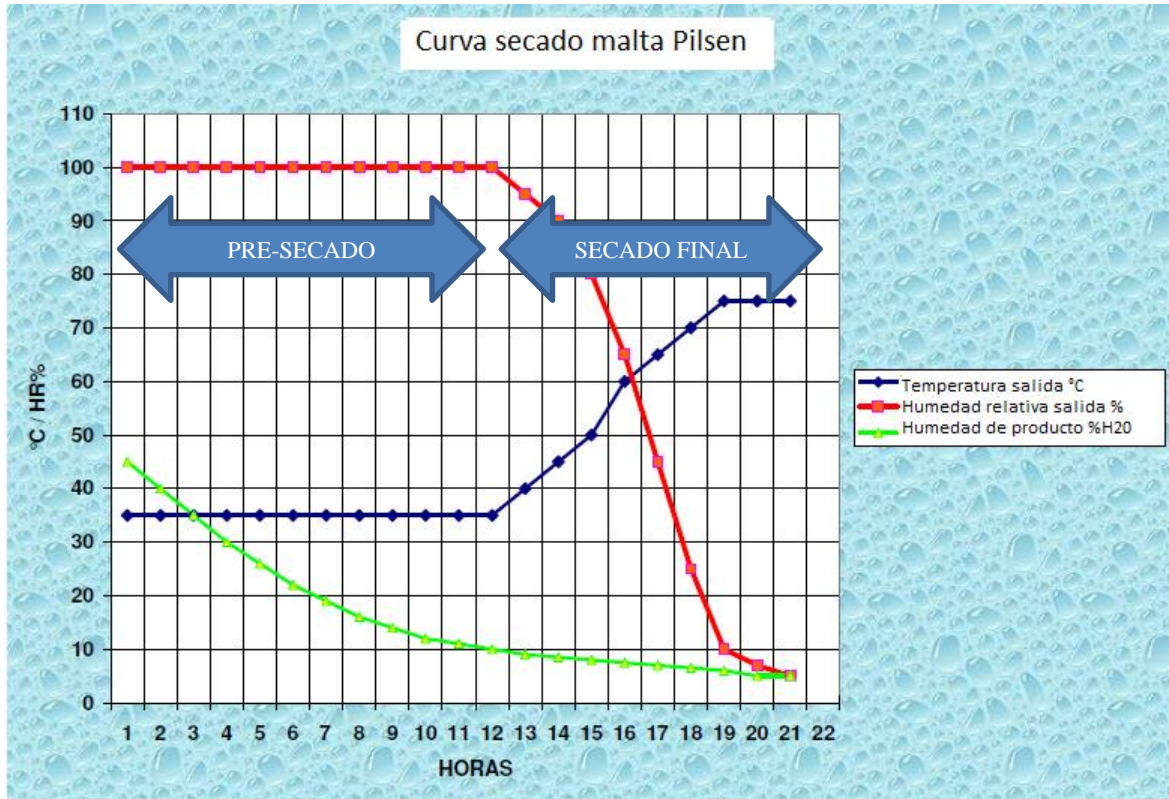
El *Pre-Secado* radica en la deshumidificación de la malta verde a bajas temperaturas (45-70°C) y altos caudales de aire tomados del medio ambiente, hasta obtener una humedad aprox. del grano de 10 a 15% (Rompimiento o Quiebre de humedad del aire de salida).

Esta etapa del proceso tiene alta dependencia de los factores climáticos de temperatura y humedad ambiente, siendo esta etapa la que influye en mayor porcentaje, en lo que refiere a consumos energéticos y productividad del total del proceso.

El *Secado Final* consiste, luego del Rompimiento o Quiebre de Humedad, en la elevación gradual de la temperatura del aire a valores que pueden oscilar entre 80 y 86°C, con una permanencia final aprox. de 3hs. en dichas temperaturas, hasta lograr una humedad de malta en el entorno del 5%.

Concluido el proceso de Secado Final, la malta debe ser enfriada rápidamente y desgerminada, esta parte del proceso consiste en sacar el brote de la semilla.

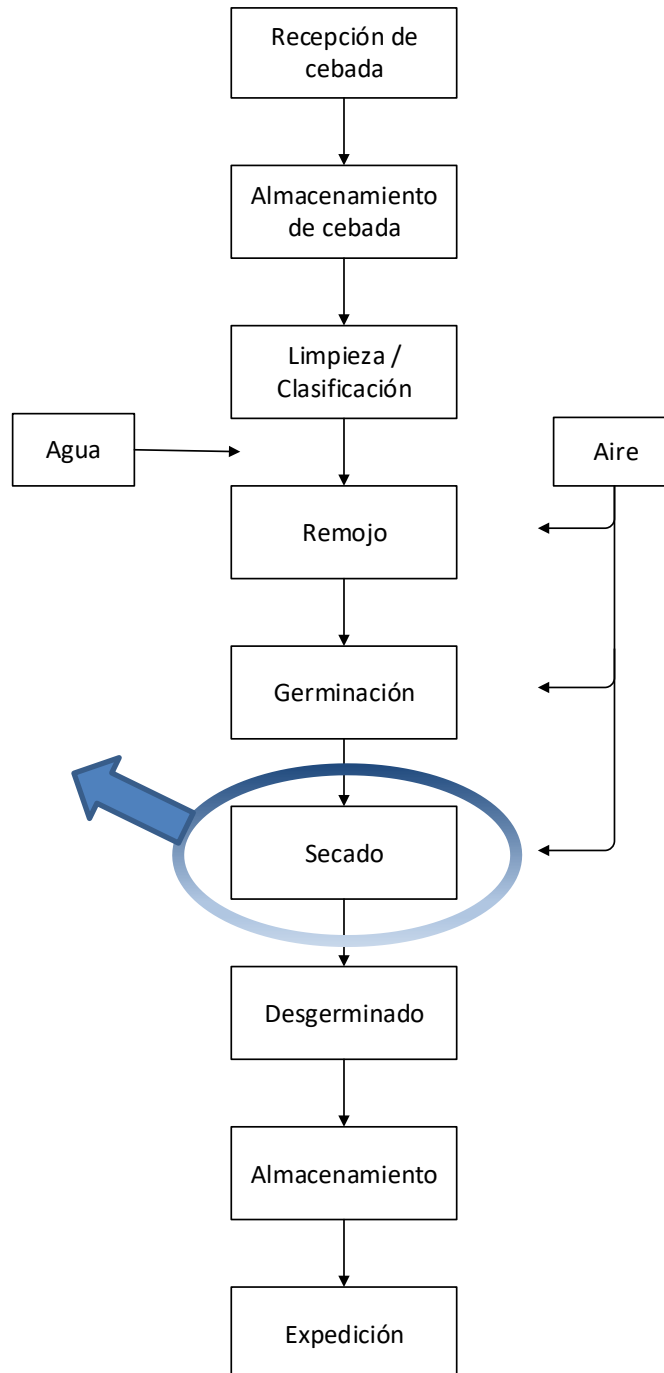
Físicamente esto se realiza introduciendo grandes caudales de aire, mediante ventiladores y a diferentes temperaturas. Este aire es calentado por medio de intercambiadores aire-agua, cuya agua caliente proviene de una caldera instalada en un edificio aledaño.



Mejoras en etapa de presecado

Al ser la etapa de pre-secado sumamente dependiente a factores climáticos, se encuentran aquí varias oportunidades de mejora, como la reducción de índices de consumo de energía (eléctrica, calorífica) y mejoras en la productividad.

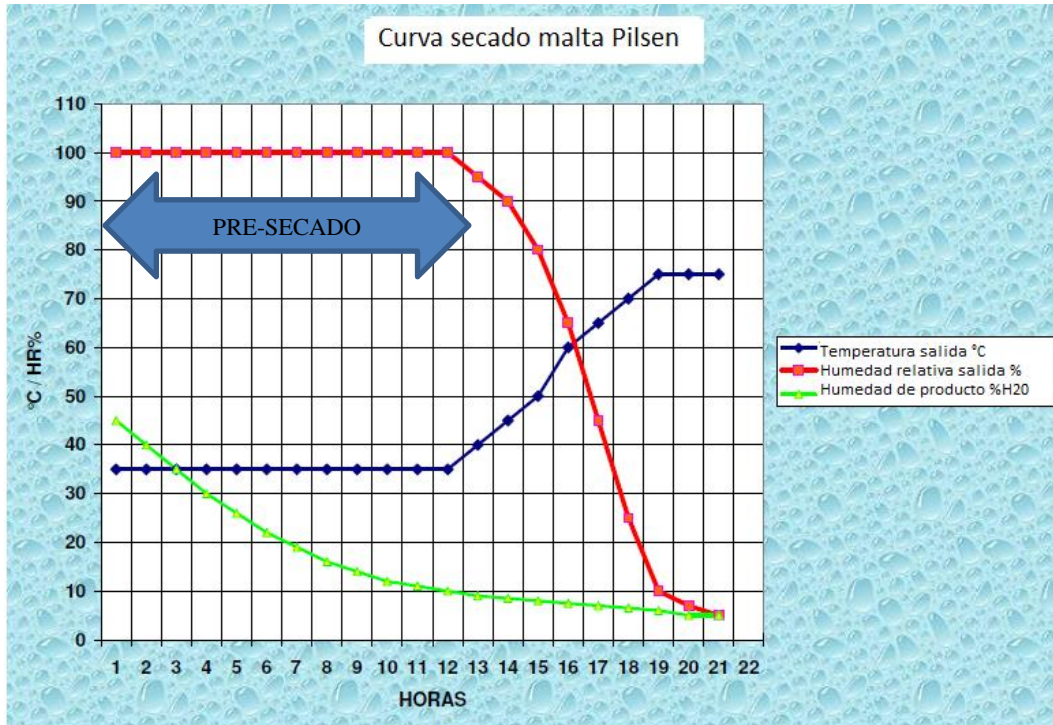
Existe tecnología en el mercado para disminuir la dependencia a estas variables del proceso, con un alto costo, por lo que es necesario un análisis detallado de los mismos junto a los beneficios involucrados.



En nuestra tesis evaluaremos la eficacia y conveniencia económica de agregar equipos deshumidificadores a desecantes solidos al proceso, según el proyecto presentado por la firma Munters.

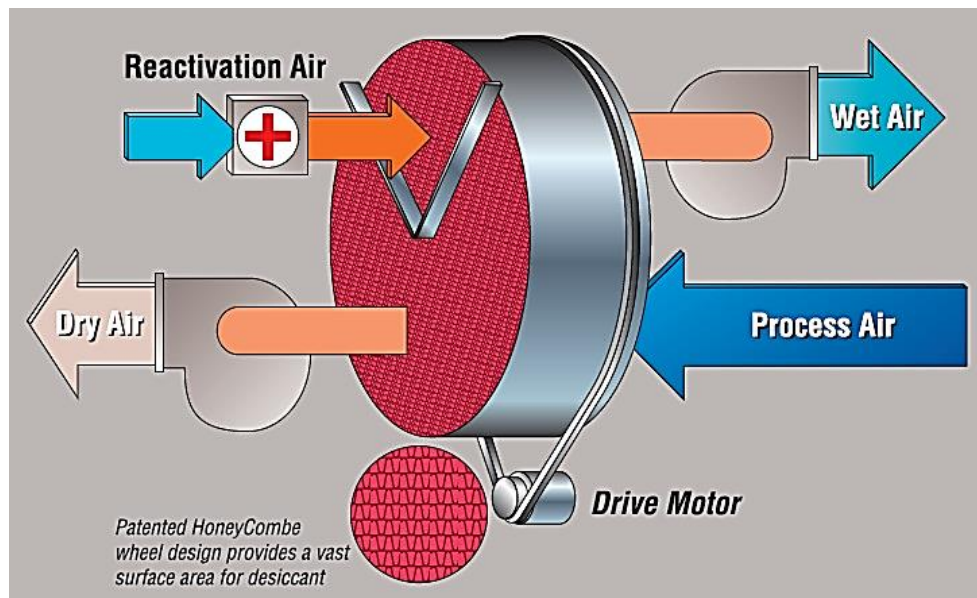
Se consideran y comparan los incrementos y disminuciones, a través de balances energéticos realizados a priori y post instalación del equipo deshumidificador, de los consumos de energía y de los tiempos de duración del proceso. Todo esto se realiza sin perder de vista que la calidad final del producto se debe conservar.

Observamos cómo será, en una curva característica de secado de malta, la disminución del tiempo de presecado una vez instalado el equipo deshumidificador a desecantes sólidos.



Principio de funcionamiento del deshumidificador

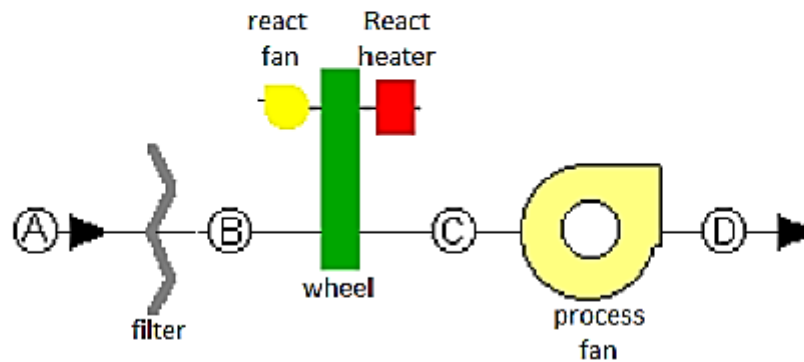
El deshumidificador de aire Munters comprende como elemento principal un cilindro rotativo monolítico con formato de colmena, constituido por láminas corrugadas de material inerte, no metálico, no corrosivo, impregnado con una sustancia de gran capacidad de adsorción, formando un medio desecante sólido no granular que retiene en su superficie agua en fase de vapor. La estructura corrugada forma canales uniformes paralelos al eje del cilindro que permiten el escurrimiento de la corriente de aire en flujo laminar de modo de proporcionar la máxima retención de agua con la mínima pérdida de carga. El cilindro gira lentamente entre dos corrientes de aire que se desplazan en sentidos opuestos: De un lado la corriente del aire húmedo que es secado al pasar a través de los canales, llamada "aire de proceso", y del otro una corriente de aire previamente calentada que pasa a través de los canales del sector de reactivación del cilindro retirando del mismo la humedad retenida por el desecante, llamada "aire de reactivación". Las partes reactivadas del cilindro entran nuevamente en el sector del aire de proceso dando lugar a la continuidad del secado del mismo. El aire utilizado para la reactivación es tomado y descartado en un ambiente externo al del proceso ¹.



¹ Documento H Anexo 1 – Presentación Munters visita a planta industrial - diciembre 2014.



1.3. Diagram Flow



1.2. General Information

PERFORMANCE AT DESIGN (all values are per unit and preliminaries)

ICA Model	ICA-3500	
Preliminary Dimensions	see drawing attached	
ICA nominal supply air	70.000 m ³ /h	
Inlet Conditions (A)	Dry Bulb	28,3 °C
	Relativity Humidity	74,3%
	W	18,2 g/kg
ICA Performance at design (D)	Dry Bulb	63,0 °C
	Relativity Humidity	5,0%
	W	8,0 g/kg
Electrical	380V / 50Hz	

Ingeniería básica

En nuestra tesis evaluaremos la eficacia y conveniencia económica de agregar deshumidificadores a desecantes solidos al proceso, según el proyecto presentado por la firma Munters, también se evaluara la Viabilidad tecnológica y si existe algún tipo de Impacto ambiental e impacto en la seguridad e higiene del lugar, producido por la instalación de los equipos.

A priori, los beneficios obtenidos con la instalación de los secadores son muy valiosos y prometedores. Pero debido al alto costo de adquisición de los mismos surge la necesidad de realizar el estudio de viabilidad de estos.

Adjunto costo de los equipos presupuestados²:

2. Prices

Model	Quantity	Price/un	Total Price
ICA-3500	10	USD 292.720,00	USD 2.927.200,00

Estudio de viabilidad tecnológica.

Desconocemos el uso de esta tecnología en fábricas de similares características.

En reuniones e intercambios de mails con el fabricante y luego de este realizar un estudio de los datos climáticos de la zona, nos garantiza el correcto funcionamiento de los secadores para el cumplimiento del objetivo de tener las variables, que intervienen en el proceso, dentro de los valores deseados.

El fabricante posee equipos hechos a menor escala, por lo que surge la idea de realizar un ensayo en el laboratorio, en la micromaltería que tiene en planta la fábrica, para corroborar lo garantizado por Munters.

La micromaltería es un equipo donde se reproduce el proceso industrial a una menor escala.

Estudio de viabilidad en seguridad e higiene ambiental

Estudio de Impacto ambiental

El impacto ambiental puede definirse como una alteración del ambiente de carácter positivo o negativo. El impacto es directo cuando conlleva pérdida parcial

² Documento H – Anexo 2 Presupuesto Equipos – Diciembre 2014

o total de un recurso o deterioro de una variable ambiental (contaminación de aguas, tala de bosques, etc.). Es indirecto cuando induce o genera otros deterioros sobre el ambiente (erosión antrópica, inundaciones, etc.).

Su aplicación debe hacerse en las etapas de pre-factibilidad o de diseño de los proyectos de inversión.

En nuestro caso, el estudio del impacto ambiental se realizará según la técnica que la empresa tiene ya preestablecida para todos sus proyectos de ingeniería³.

Estudio de Impacto en seguridad

El estudio del impacto en seguridad se realiza para prevenir/conocer los riesgos asociados al proyecto.

En nuestro caso, el estudio de seguridad se realizará según la técnica que la empresa tiene ya preestablecida para todos sus proyectos de ingeniería⁴.

Esta consta de un documento a ser llenado, donde existen cuestionamientos de diferentes índoles referidos a los posibles riesgos asociados al nuevo proyecto.

Estudio de viabilidad económica

Dicho análisis se efectuará siguiendo los fundamentos teóricos enunciados en “Preparación y evaluación de proyectos” 2da edición de editorial Mc Graw Hill; autores Nassir Sapag Chain, Reinaldo Sapag Chain.

También se utilizará una hoja de cálculo padrón utilizada por la empresa para hacer análisis de inversiones⁵.

³ Documento H Anexo 3 - LAIA–Levantamiento de aspectos e impactos asociados al medio ambiente.

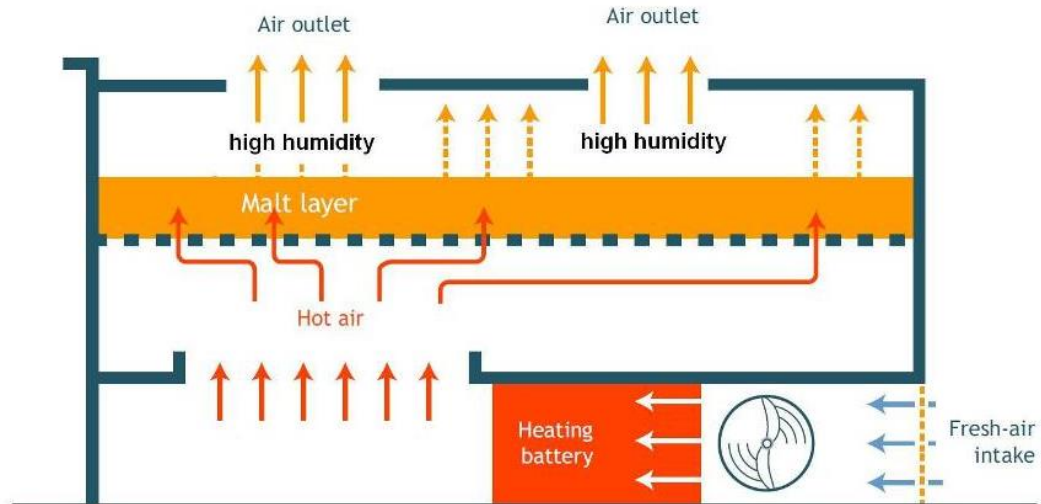
⁴ Documento H Anexo 4 – Formulario análisis nuevos proyectos medio ambiente y seguridad.

⁵ Documento H Anexo 5 – One pager para análisis de inversiones.

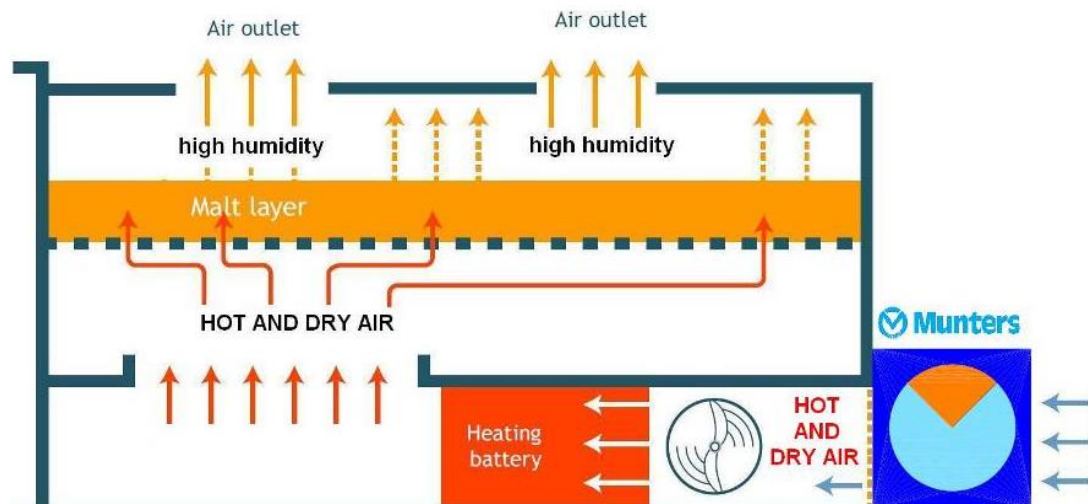
Lay out de instalación del equipo deshumidificador

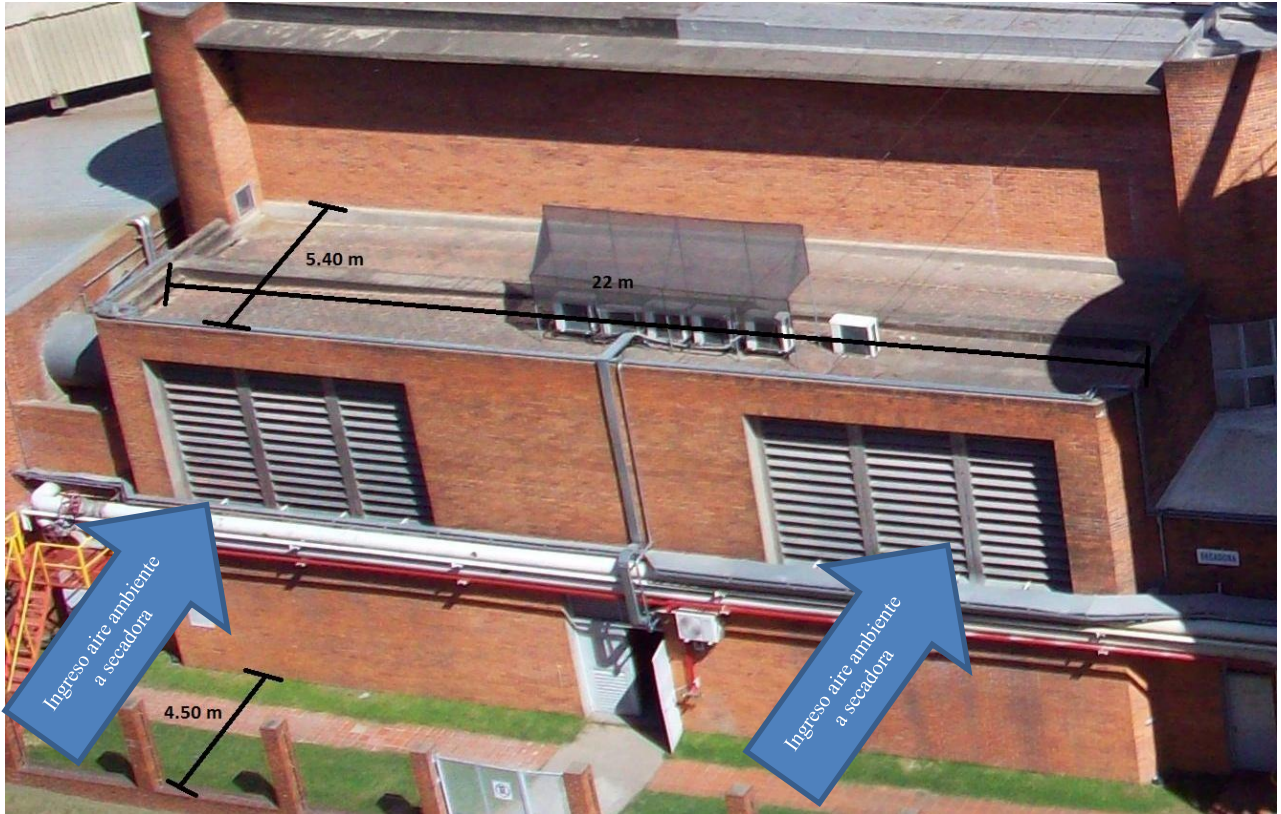
En el siguiente gráfico se muestra donde se instalaría el equipo deshumidificador, al ingreso de la toma de aire ambiente de la secadora de malta.

Sin deshumidificador:



Con deshumidificador:





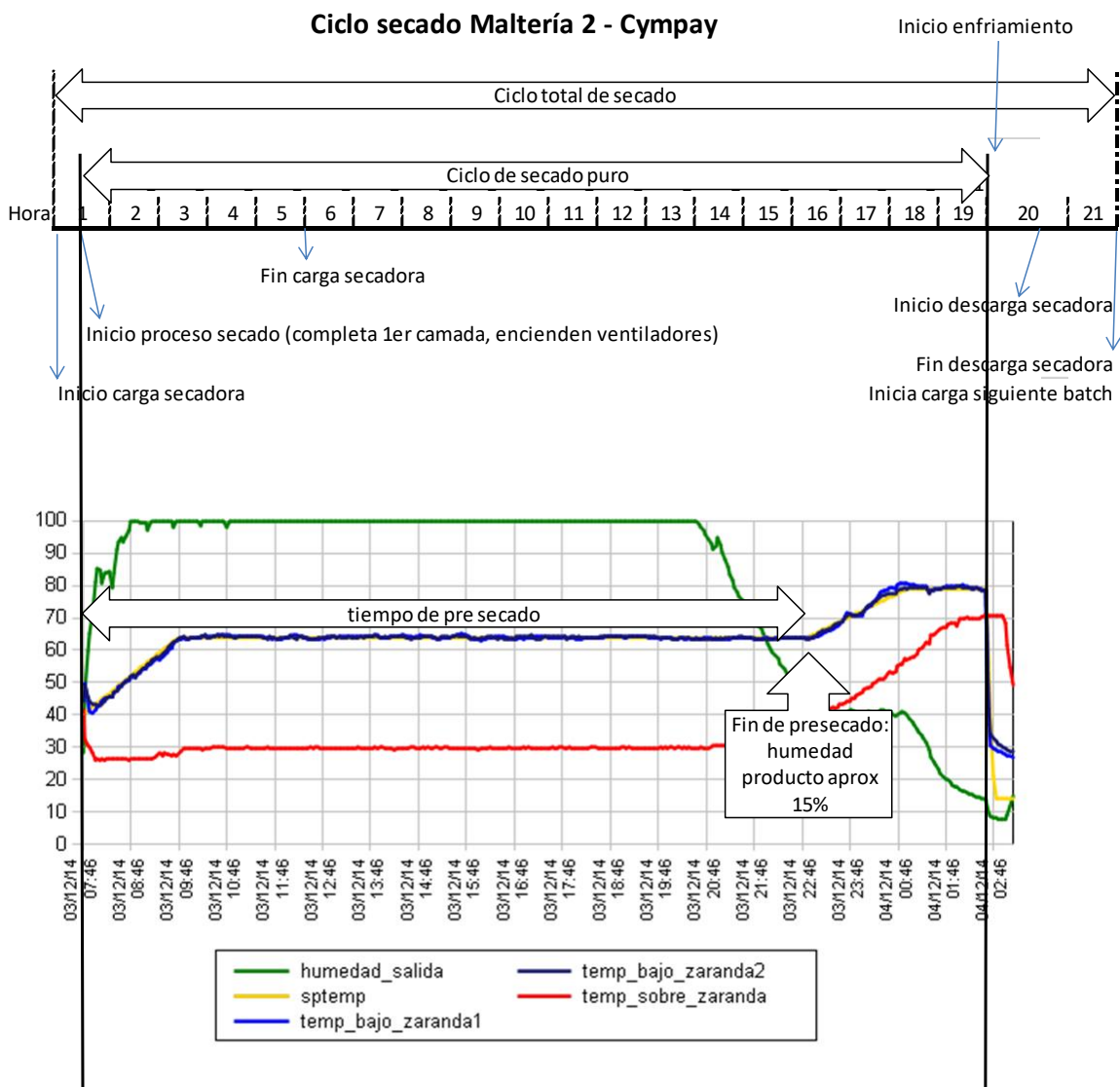
Contenido

Determinación de relación entre la humedad absoluta del aire ambiente y el tiempo del ciclo de secado.....	3
Cálculo ganancia productividad por instalación del equipo.....	8
Presupuesto original Maltería 2 para el año 2015:	9
Presupuesto Maltería 2 para el año 2015, considerando instalación secadores:	10
Aumento producción obtenido por instalación de secadores.	10
Valorización, en dinero, de las toneladas ganadas en producción con la instalación de secadores.....	11
Determinación de consumos energéticos y costos asociados.....	11
Determinación de energías consumidas y costos asociados al pre-secado (sin secadores de aire Munters).....	13
Energía eléctrica de caldera.....	14
Energía calorífica caldera.....	15
Energía eléctrica de ventiladores de secadora	16
Costo total de pre-secado en dólares sin instalación de equipos Munters.....	17
Determinación de energías necesarias y costos asociados (con secadores de aire Munters).	18
Energía eléctrica de caldera (con Munters).	19
Energía calorífica en caldera (con Munters).....	20
Energía eléctrica de ventiladores de secadora	38
Energía eléctrica de equipos Munters.....	39
Costo total de pre-secado en dólares con instalación de equipos Munters.....	40
.....	40
Análisis económico de costos operativos versus margen de ganancia por ejecución del proyecto.	41
Estimación de costos de instalación de los equipos.	44
Metodo Chilton.....	47
Método de múltiples factores	51
Método de Guthrie.....	53
Estudio de viabilidad en seguridad e higiene ambiental.....	55
Checklist de gestión de cambios.....	55
Conclusiones finales.....	69
Conclusiones referentes al proceso.....	69

Conclusiones relacionadas al medio ambiente y a Seguridad e Higiene Industrial.	69
Conclusiones financieras	69
Bibliografía	71
Sitios web	71
Libros.....	71
Base de datos	71
Normas	71

Determinación de relación entre la humedad absoluta del aire ambiente y el tiempo del ciclo de secado

Se quiere obtener una relación entre la variable humedad absoluta y el tiempo de duración del ciclo de secado, a partir de la cual se otorgue un valor a la humedad absoluta y se pueda estimar el valor del tiempo de duración del secado.



La gráfica nos muestra las distintas etapas y sus tiempos de duración dentro de un ciclo de secado completo.

Para obtener la relación entre dichas variables, analizamos el historial de datos relevados por personal responsable del proceso dentro de la empresa en una

planilla electrónica con formato Excel. A continuación se detallan las etapas del proceso y las variables que se consideran constantes:

- Tiempo transcurrido desde el inicio de la carga de la secadora hasta comienzo del secado ($t_i = 0:40$ hr)
- Duración de las etapas que van desde el final del pre-secado hasta el fin de la descarga de la secadora ($t_f = 8:10$ hr)
- Toneladas de malta obtenidas en el proceso ($t_m = 220$ tn malta)
- Humedad del producto al ingresar a la secadora ($H_p = 45,6\%$, prom 2014)
- Humedad del producto al final de la etapa de pre-secado ($H_{pf} = 5\%$, valor exigido por calidad)

Actualmente los ciclos del proceso de secado conllevan un tiempo de duración promedio anual superior a las 20,5 horas y el tiempo promedio de pre-secado es próximo a las 12 horas. Estos valores son extraídos de una base de datos¹ que da los principales indicadores del proceso de secado en la empresa, estos son:

- Toneladas de malta por batch obtenidas post secado
- Fecha y hora inicio carga secadora
- Duración del pre-secado [Hr]
- Humedad del producto al ingresar a la secadora por batch [% agua]
- Humedad relativa del aire ambiente, promedio durante el secado [%]
- Temperatura bulbo seco del aire ambiente, promedio durante el secado [°C]
- Fecha y hora fin del proceso de secado
- Ciclo total del secado (sin considerar fallas) [Hr]

En base a los indicadores se calculan los valores de humedad absoluta y de toneladas de producto obtenido por hora para cada secado.

1. Se utiliza un diagrama psicométrico con los siguientes datos:

- Humedad relativa del aire ambiente, promedio durante el secado [%]
- Temperatura bulbo seco del aire ambiente, promedio durante el secado [°C]

Se obtiene la humedad absoluta promedio durante el transcurso del secado [gr agua / Kg]

$$2. \frac{\text{Toneladas de malta por batch (obtenidas post secado)}[T_n]}{\text{Duracion del pre-secado [Hr]}} = T_n \text{ secadas/Hr}$$

¹ Documento H Anexo 3 - Base de datos de ciclos de secado

El resultado, de estos cálculos, se muestra en anexo².

Se adopta un valor de 20 horas de duración para el ciclo deseado de secado y con las etapas consideradas constantes, se tiene:

$$\text{Ciclo deseado} = t_i + t_p + t_f$$

Donde

t_i = tiempo transcurrido desde el inicio de la carga de la secadora hasta comienzo del secado ($t_i = 0:40$ hr).

t_p = tiempo pre-secado.

t_f = duración de las etapas que van desde el final del pre-secado hasta el fin de la descarga de la secadora ($t_f = 8:10$ hr).

$$t_p = \text{Ciclo deseado} - t_i - t_f$$

$$t_p = 20:00\text{hr} - 0:40\text{hr} - 8:10\text{hr}$$

$$\mathbf{t_p = 11:10hr.}$$

Por lo tanto debemos buscar cuál es el valor de la humedad absoluta de aire ambiente necesaria para garantizar secados con tiempos de pre-secados (t_p) próximos a 11:10hr, considerando las condiciones promedio anuales de los secados y una temperatura de pre-secado fija de 64°C.

Las toneladas de malta por fabricaciones varían batch a batch, dependiendo del peso específico de la cebada dado por la variedad de la misma, ya que los batch se realizan por volumen y no por peso.

Para disminuir el número de variables involucradas en el análisis se calculó un factor, indicado a continuación:

$$\frac{\text{Toneladas de malta por batch (obtenidas post secado)}[\text{Tn}]}{\text{Duracion del pre - secado} [\text{Hr}]} = \text{Tn secadas/Hr}$$

Para un valor de toneladas de malta por batch promedio año y el tiempo de pre-secado deseado, obtenemos:

² Documento H Anexo 4 - Cálculo de H. absoluta y Tn/Hr

$$Tn \text{ secadas/hr} = \frac{220 \text{ Tn}}{11:10 \text{ hr}} = 19,71 \text{ tn/hr}$$

Con esto sacamos en claro que teniendo como necesidad, para dimensionar el equipo, un tiempo de pre-secado de 11:10hr y considerando 220Tn de malta por batch producidas, obtenemos un valor de toneladas secadas por hora igual a 19,71 tn/hr.

Por lo tanto filtrando en tabla 2 – Cálculo de H. absoluta y tn/hr, todos los valores de secado con tn secadas/hr igual a 19,7 +/- 2,5% y considerando humedades de producto de ingreso a secadora en 45,6% +/- 2,5%, obtenemos que la humedad absoluta promedio necesaria es de 7,6gr/Kg como se muestra a continuación.

Datos filtrados en tabla 2:

- $Tn \text{ secadas/hr} : 19,2075 \leq \frac{tn}{hr} \leq 20,1925$
- $\text{Humedad del producto al ingreso: } 44,46\% \leq H_p \leq 46,74\%$

% Hum producto ingreso a secadora	Humedad Absoluta [gr/Kg]	Toneladas secadas/hr
44,6%	9,4	19,62
44,5%	6,1	19,85
45,0%	7,7	19,46
45,2%	6,8	19,62
44,5%	8,0	19,58

Promedio	7,6gr/Kg.
----------	-----------

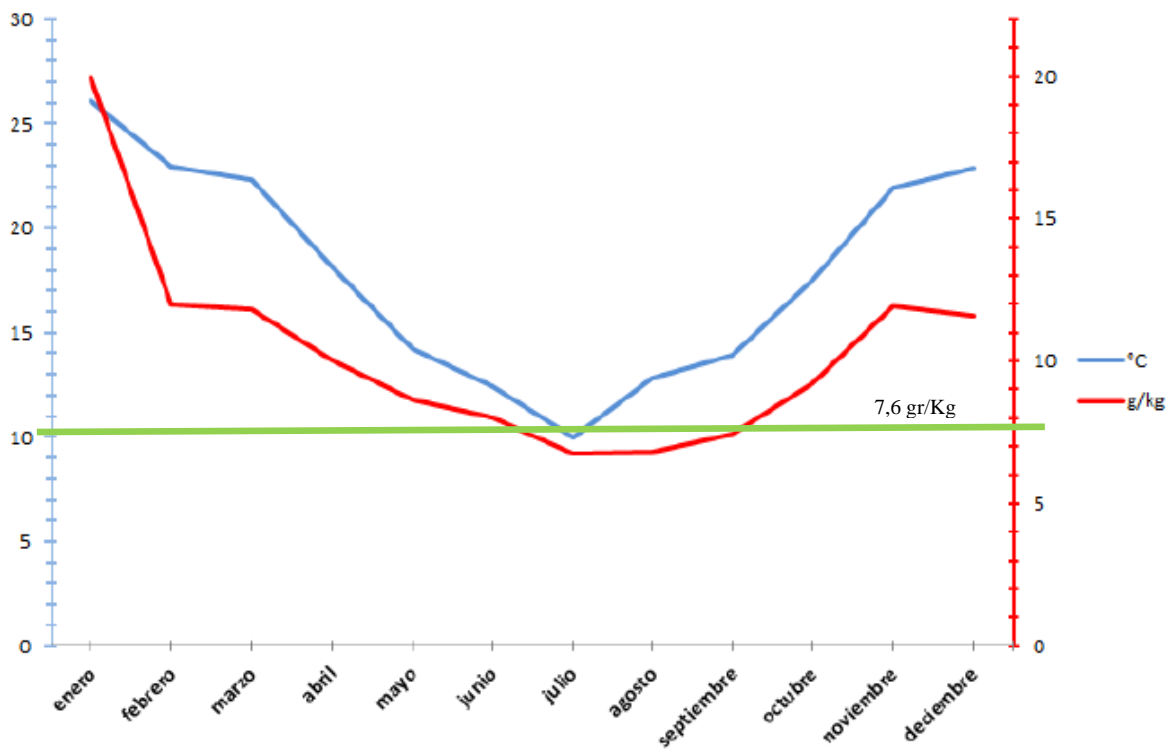
Este valor es el otorgado al fabricante, de equipos deshumidificadores a desecantes sólidos, para el diseño, dimensionado y posterior cotización del mismo.

Sabemos por experiencia práctica en el proceso que el ciclo de secado tiene una duración en el entorno de las 20 horas en los meses más fríos y secos del año (humedades absolutas bajas), en el 2014 esto sucedió en el periodo de Julio a Septiembre, observando la gráfica de los datos climáticos en estos meses para el año 2014 se tiene una humedad absoluta disponible en el aire ambiente menor a 8 gr/kg, por lo cual **verifica** el dato obtenido anteriormente mediante análisis estadístico de las humedades absolutas existentes para los ciclos de secado.

Observando la gráfica podemos hacer un análisis rápido de los meses en los que el equipo produce una mejora en los tiempos de duración del proceso de secado de malta.

DATOS CLIMÁTICOS PAYSANDÚ – URUGUAY

(Temperatura bulbo seco y humedad absoluta aire ambiente)



Cálculo ganancia productividad por instalación del equipo

Para determinar las toneladas a producir cada año, se utiliza una hoja de cálculo³ donde se fijan varias variables, las más importantes detalladas a continuación:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Meta de Memas de Poces	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%
Ton cebada	252,0	252,0	261,3	261,3	261,3	261,3
Ton malta	216,2	216,2	224,2	224,2	224,2	224,2
Días por mes	31	28	31	30	31	30
Fabricaciones por mes	35,6	32,2	35,6	34,1	34,46	35,4
Horas por fabricación	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,0
Horas meta climática	16	16	16	16	16	16
Diferencia meta vrs clim	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0
Diferencia meta vrs creal prog	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0
Tiempos germ	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5	93,0
Cond climática/fabricación (min)	306,6	306,6	272,6	272,6	272,6	242,6
Fabricaciones por mes (redondea)	36,0	32,0	36,0	34,0	35,0	35,0
Meta Producción	7.784	6.919	8.071	7.623	7.847	7.847

Con estas variables se determina el volumen de producción por mes a obtener en el año.

Una de estas variables, la más importante, es el tiempo de ciclo de secado.

Para determinar la ganancia aproximada por la instalación del equipo presupuestado colocamos en los meses donde el ciclo de secado sea mayor a 20 horas, 20 horas.

De esta manera haciendo la diferencia entre el presupuesto original y el presupuesto en el que consideramos la instalación de los equipos secadores obtenemos la ganancia en toneladas de malta producidas.

³ Documento H Anexo 5 – Hojas de cálculo definición productividad año

Presupuesto original Maltería 2 para el año 2015:

AÑO 2015	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Meta mermas de Proceso	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%
Ton cebada por batch	252,0	252,0	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3
Ton malta por batch	216,2	216,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Batch por mes	35,6	32,2	35,6	34,1	34,5	35,4	35,9	36,1	34,4	34,8	34,1	35,5
Ciclo secado	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,5	20,5	20,5
Horas de Producción Bruta	527	480	548	528	530	566	576	576	551	537	523	550
Horas meta climática	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Diferencia meta vrs clim	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5
Diferencia meta vrs creal prog	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5
Tiempos germ	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5	93,0	93,0	93,0	93,0	95,5	95,5	95,5
Cond clim/fab (min)	306,6	306,6	272,6	272,6	272,6	242,6	242,6	242,6	242,6	272,6	272,6	272,6
Batch por mes (redondea)	36,0	32,0	36,0	34,0	35,0	35,0	35,0	36,0	34,0	35,0	35,0	35,0
Meta Producción	7.784	6.919	8.071	7.623	7.847	7.847	7.847	8.071	7.623	7.847	7.872	7.847
Total producción maltería 2 año 2015 (tons malta)											93.196	

Presupuesto Maltería 2 para el año 2015, considerando instalación secadores:

AÑO 2015	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Meta mermas de Proceso	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%
Ton cebada por batch	252,0	252,0	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3
Ton malta por batch	216,2	216,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Batch por mes	36,5	33,0	36,5	35,0	35,3	35,4	35,9	36,1	34,4	35,7	35,0	36,4
Ciclo secado	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Horas de Producción Bruta	559	508	580	562	561	566	576	576	551	568	558	582
Horas meta climática	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Diferencia meta vrs clim	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Diferencia meta vrs creal prog	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tiempos germ	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0
Cond clim/fab (min)	276,6	276,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6
Batch por mes (redondea)	37,0	33,0	37,0	34,0	36,0	35,0	35,0	36,0	34,0	36,0	35,0	36,0
Meta Producción	8.000	7.135	8.295	7.623	8.071	7.847	7.847	8.071	7.623	8.071	7.872	8.071
Total producción maltería 2 año 2015 (tons malta) - Considera instalación secadores industriales											94.525	

Aumento producción obtenido por instalación de secadores.

Producción considerando secadores 2015 – Plan de producción original 2015 =
AUMENTO PRODUCCIÓN [tons malta]

94525 tons malta – 93196 tons malta = 1329 tons de malta

Aumento de producción por instalación de secadores estimado en

1329 tons malta

Esto equivale a un aumento de producción en el entorno del 1,5 %

Valorización, en dinero, de las toneladas ganadas en producción con la instalación de secadores.

Se consultó a Sebastián Guimaraens, coordinador financiero de Maltería Cympay S.A., el valor de ganancia de la unidad por cada tonelada de malta exportada.

Mail recibido el día 12/02/2015

“Diego, lo que tendrías que utilizar en la evaluación de inversiones, es el Margen de Contribución.

Dicho margen es la diferencia entre el Precio de Venta de Malta actual (USD 636/Ton) y el Costo del Producto Vendido actual (USD 405/Ton) lo cual te da un valor de USD 231 por tonelada de malta producida.

Saludos, Sebastián ”

Con estos valores de precios, obtenemos

$$1329 \text{ Ton} \times 231 \text{ USD/Ton} = 306.999 \text{ USD}$$

Se tiene una ganancia bruta anual, con la instalación de los equipos, estimada de 306.999 USD.

Determinación de consumos energéticos y costos asociados.

Para determinar el consumo energético total del proceso de secado, vamos a considerar el consumo para un batch de 220 tn de malta.

Las energías necesarias para obtener un batch son:

- Energía eléctrica (ventiladores principales de secadora e instalaciones de calderas)
- Energía calorífica (Consumo de leña de caldera)

Se considera para el análisis energético solo el pre-secado, en la etapa final, el secado la energía consumida sería la misma con y sin instalación de equipos desecantes Munters.

Surge como interrogante si el consumo de energías, con la instalación de los secadores, será mayor o menor, dado que tenemos un mayor consumo instantáneo pero durante un menor periodo de tiempo.

Con el fin de determinar la diferencia de consumos de energías entre ambas condiciones, realizaremos un cuadro comparativo de las energías consumidas durante el proceso sin la instalación de los secadores y el estimado que se consumiría con estos instalados.

Todos los índices energéticos se manejan por unidad de malta producida, por mes, para cada índice está establecida una meta de consumo, siendo el objetivo final consumir menos energía que la meta establecida para el año en curso.

Ejemplo: Energía eléctrica: Kw/tn malta
 Consumo de leña: MJoules/tn malta

Determinación de energías consumidas y costos asociados al pre-secado (sin secadores de aire Munters).

Teniendo en cuenta que en la mayor parte del año se consideró un ciclo de secado de 20,5 horas, para el plan de producción 2015, la primera determinación (sin secadores Munters instalados), consideraremos este ciclo.

La etapa del proceso que va a ser afectada con la instalación de los secadores Munters es el pre-secado, por lo tanto si detallamos un ciclo completo de secado:

Tiempo	Etapa proceso
0:40	Tiempo para iniciar secado
11:40	tiempo pre-secado
6:00	secado final
0:40	Tiempo enfriamiento del batch para iniciar descarga de secadora
1:30	Descarga secadora
20:30	Ciclo total

El análisis energético va ser realizado mediante tablas de cálculo en Excel considerando un tiempo de pre-secado de 11:40 hr o su equivalente en formato numérico 11,67 horas.

Energía eléctrica de caldera.*Consumo energético de energía eléctrica de caldera.*

Para calcular el consumo energético eléctrico de la caldera, se realizó un promedio en base a históricos mensuales relevados por gente del área de taller eléctrico.

Mes	Kwh/mes	Días/mes	Kw/día
ene-14	25.354,0	31	817,87
feb-14	14.677,1	28	524,18
mar-14	35.354,4	31	1.140,47
abr-14	42.684,1	30	1.422,80
may-14	46.732,9	31	1.507,51
jun-14	49.948,6	30	1.664,95
jul-14	50.480,0	31	1.628,39
ago-14	48.520,0	31	1.565,16
set-14	45.230,0	30	1.507,67
oct-14	43.232,5	31	1.394,60
nov-14	24.337,5	30	811,25
dic-14	22.154,0	31	714,65

Kw/día promedio año 1.225,0

hr/día 24,0

hr ciclo secado 20,5

Kw/ciclo secado **1.046,3**

Se considera que en el pre-secado se consume el 85% de la energía total del ciclo de secado, dado que en esa etapa la caldera es cuando está a mayor régimen de trabajo.

$$1046,3 \text{ Kw/ciclo secado} * 0,85 = 889,35 \text{ Kw/pre secado}$$

Costo de energía eléctrica consumida en caldera por pre-secado.

El costo del Kw a marzo del 2015 es de 0,107 USD/Kw

$$889,35 \text{ Kw/pre secado} * 0,107 \text{ USD/Kw} = 95,16 \text{ USD/pre secado}$$

Costo en dolares de energía eléctrica en caldera por pre secado =

95,16 Dolares

Energía calorífica caldera*Consumo energía calorífica (leña) caldera.*

El índice de consumo de energía calorífica utilizado para el secado se mide en MJ/toneladas de malta producidas.

Para determinar los MJ, se mide el consumo en toneladas de leña consumido por la cadera, multiplicado por el valor del poder calorífico, obtenemos el mismo en unidades de energía (MJ).

Para el año 2015, la empresa posee un presupuesto de consumo de energía calorífica.

Presupuesto 2015	
Mes	Meta [MJ/tn malta]
Enero	2531
Febrero	2175
Marzo	2277
Abril	2585
Mayo	2650
Junio	3043
Julio	3070
Agosto	3043
Septiembre	2740
Octubre	2540
Noviembre	2155
Diciembre	2115
Consumo año	2582

Esto significa que en el año en promedio ponderado por las toneladas de producción previstas para cada mes, se debe consumir 2582 MJ/tn malta. Utilizaremos este valor para cálculos de consumos de energía sin la instalación de los equipos secadores.

Teniendo los siguientes datos:

- Toneladas fabricadas por batch: 220 toneladas
- Energía consumida por tonelada: 2582 MJ/tn

Podemos determinar la energía consumida en un batch:

$$2582 \text{ MJ/tn} * 220 \text{ tn} = 568040 \text{ MJ/batch}$$

Debido a que el efecto de los secadores Munters se verá reflejado solo en la etapa de pre-secado, se considera que se consume el 85% de la energía total del ciclo de secado.

Por lo tanto,

$$568040 \text{ MJ}/\text{Batch} * 0,85 = 482834 \text{ MJ}/\text{pre - secado}$$

Para calcular las toneladas de leña consumidas por cada batch en el pre-secado, se considera:

$$PCI = 2912 \text{ Mcal}/\text{tn leña} = 12192 \text{ MJ}/\text{tn leña}$$

$$\frac{482834 \text{ MJ}/\text{pre - secado}}{12192 \text{ MJ}/\text{tn leña}} = 39,6 \text{ tn leña}/\text{pre secado}$$

Costo de energía calorífica consumida en caldera por pre-secado.

El costo de la tonelada de leña seca (humedad menor a 25%) a Marzo 2015 es de 115 dólares.

$$39,6 \text{ tn leña}/\text{pre secado} * 115 \text{ USD}/\text{tn leña seca} = 4554 \text{ USD}/\text{pre secado}$$

Costo en dolares de energía calorífica por pre - secado =

4554 Dolares

Energía eléctrica de ventiladores de secadora

Consumo energía eléctrica de ventiladores de secadora.

En la secadora hay instalados 2 ventiladores de 355Kw, los mismos durante el pre-secado funcionan al 100% de su capacidad.

Considerando un tiempo de pre-secado de 11,67 horas.

$$355 \text{ Kw}/\text{hr} * 2 * 11,67 \text{ hr} = 8283,33 \text{ Kw}/\text{pre secado}$$

Costo de energía eléctrica en ventiladores de secadora consumida por pre-secado.

El costo del Kw a marzo del 2015 es de 0,107 USD/Kw

$$8283,335 \text{ Kw}/\text{pre secado} * 0,107 \text{ USD}/\text{Kw} = 884,63 \text{ USD}/\text{pre secado}$$

Costo de energía eléctrica en ventiladores de secadora por pre – secado =
884,63 Dolares

Costo total de pre-secado en dólares sin instalación de equipos Munters

	Costo [USD]
Energía eléctrica en caldera por presecado	95,16
Energía calorífica por pre secado	4554,30
Energía eléctrica en ventiladores de secadora por presecado	884,63
Total [USD]	5534,10

Costo total de energía utilizada por pre – secado sin secadores Munters =

5534,1 Dolares

Determinación de energías necesarias y costos asociados (con secadores de aire Munters).

La etapa del proceso que va a ser afectada con la instalación de los secadores Munters es el pre-secado. Se espera, con la instalación de los secadores, obtener un ciclo total de secado de 20Hs.

El proceso de secado no puede ser realizado con ciclos menores a 20 horas, dado que esto genera que el cuello de botella pase a ser el proceso de germinación, el cual no puede ser menor de 96 horas por requerimientos de calidad.

Se detalla a continuación como serían los tiempos de un ciclo completo de secado, dividido en etapas:

Tiempo	Etapas del proceso
0:40	Tiempo para iniciar secado
11:10	tiempo pre secado
6:00	secado final
0:40	Tiempo enfriamiento del batch para iniciar descarga de secadora
1:30	Descarga secadora
20:00	Ciclo total

El análisis energético va a ser realizado mediante tablas de cálculo en Excel, considerando un tiempo de pre-secado de 11:10Hs. o su equivalente en formato numérico 11,17Hs.

Los consumos energéticos a considerar con la instalación de los equipos Munters serían los siguientes:

- Consumo energía eléctrica de caldera
- Consumo energía calorífica
- Consumo energía eléctrica ventiladores
- Consumo de energía eléctrica de Munters

Energía eléctrica de caldera (con Munters).*Consumo energía eléctrica de caldera.*

Para calcular el consumo de energía eléctrica de la caldera, se realizó un promedio en base a históricos mensuales relevados por los técnicos del área de mantenimiento eléctrico.

Mes	KWh/mes	Días/mes	KW/día
ene-14	25.354,0	31	817,87
feb-14	14.677,1	28	524,18
mar-14	35.354,4	31	1.140,47
abr-14	42.684,1	30	1.422,80
may-14	46.732,9	31	1.507,51
jun-14	49.948,6	30	1.664,95
jul-14	50.480,0	31	1.628,39
ago-14	48.520,0	31	1.565,16
set-14	45.230,0	30	1.507,67
oct-14	43.232,5	31	1.394,60
nov-14	24.337,5	30	811,25
dic-14	22.154,0	31	714,65

KW/día promedio año 1.225,0

Hr/día 24,0

Hr ciclo secado 20,0

KW/ciclo secado 1.020,8

Se considera que en el pre-secado se consume el 85% de la energía total del ciclo de secado, dado que en esa etapa la caldera es cuando está a mayor régimen de trabajo.

$$1020,8 \text{ KW/ciclo secado} * 0,85 = 867,7 \text{ KW/pre secado}$$

Costo de energía eléctrica consumida en caldera por pre-secado.

El costo del KW a marzo del 2015 es de 0,107 USD/KW

$$867,8 \text{ KW/pre - secado} * 0,107 \text{ USD/KW} = 92,84 \text{ USD/pre - secado}$$

Costo en dolares de energía eléctrica en caldera por pre - secado =

92,84 Dolares

Energía calorífica en caldera (con Munters)

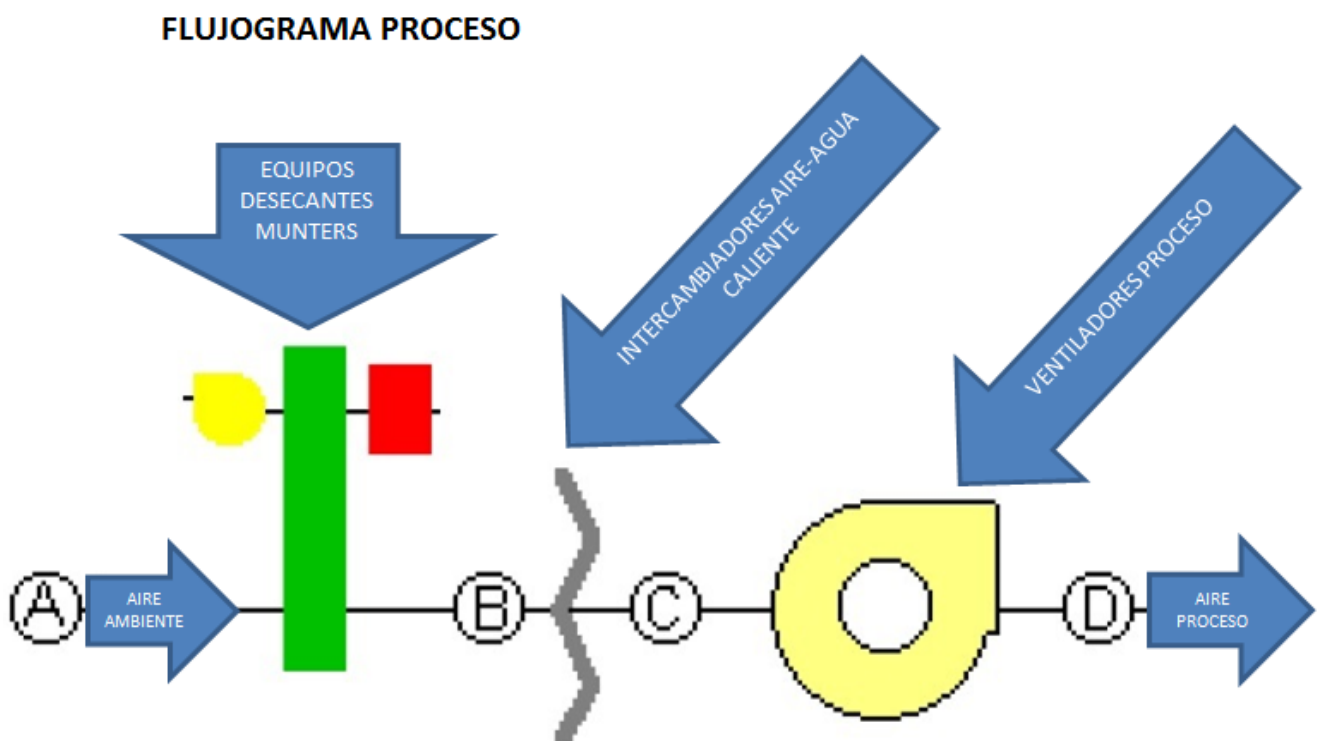
Consumo energía calorífica (leña) caldera.

Los dos principales consumos a considerar por el proyecto serían:

1-Energía requerida por equipos Munters: Consumo necesario para regenerar el cilindro desecante del equipo.

2-Energía necesaria para llevar el aire a las características necesarias por el proceso: Consumo necesario para elevar temperatura del aire de salida de Munters hasta temperatura requerida de proceso (64°C).

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DEL AIRE CON EQUIPO MUNTERS.



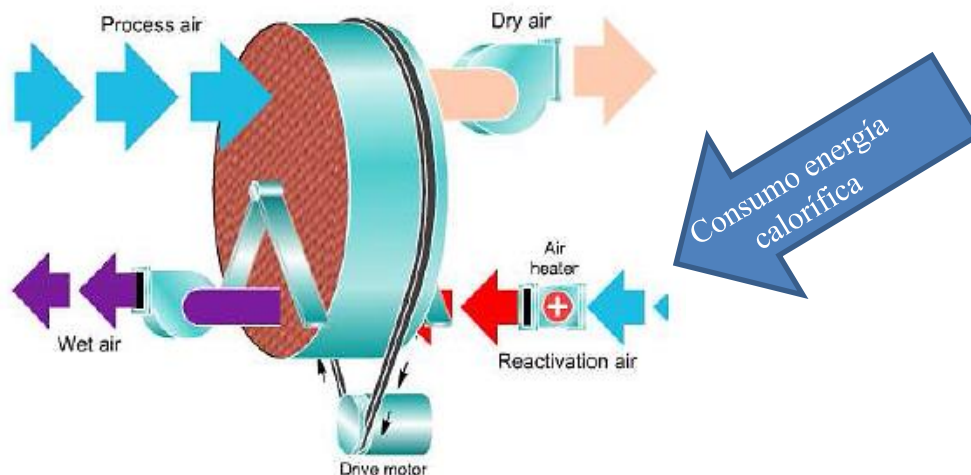
Datos para cada punto del flujograma:

Punto del flujograma	A-		B-		C-		D-	
Caudal aire [m3/hr]	700.000		700.000		700.000		700.000	
Datos aire (Temp bulbo seco [°C]; Hu abs [gr/Kg])	T [°C]	ω [gr/Kg]	T [°C]	ω [gr/Kg]	T [°C]	ω [gr/Kg]	T [°C]	ω [gr/Kg]
Enero	26,0	20	62,0	9,2	64,0	9,2	64,0	9,2
Febrero	23,0	12	38,0	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Marzo	22,2	11,8	36,5	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Abril	18,2	10	26,6	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Mayo	14,1	8,8	17,8	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Junio	12,6	7,9	13,6	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Julio	10,0	6,8	10,0	6,8	64,0	7,6	64,0	7,6
Agosto	12,9	6,9	12,9	6,9	64,0	7,6	64,0	7,6
Setiembre	13,9	7,3	13,9	7,3	64,0	7,6	64,0	7,6
Octubre	17,5	9,2	22,9	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Noviembre	21,9	11,9	36,4	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6
Diciembre	22,8	11,7	36,8	7,6	64,0	7,6	64,0	7,6

En los meses de Julio, Agosto y Setiembre no será necesario colocar en funcionamiento los equipos Munters, debido a que la humedad absoluta ambiente es menor a 7,6 gr/Kg , valor definido anteriormente como necesario para obtener ciclos de secados menores a 20 horas.

Energía requerida por equipos Munters: Consumo necesario para regenerar el cilindro desecante del equipo.

De datos técnicos recibidos del fabricante se obtienen los valores de energía calorífica requerida del circuito de agua caliente, el cual regenera el cilindro desecante, como indica el siguiente esquema de funcionamiento:



Reactivation Air Heater - Steam		
Entering Conditions	°F / gr/lb	83 / 128.0
Leaving Conditions	°F / gr/lb	299 / 128.0
Required Capacity	Btuh	3,328,976
Air Resistance	"WC	0.85
Rows		8
Steam Pressure	psig	82.0
Steam Temperature	°F	326
Steam Consumption	lb/hr	3,742.0
Tube Material		Copper
Fin Material		Aluminum
Case Material		Galvanized Steel

Capacidad requerida:

$$3328976 \text{ BTUh} = 3512,3 \text{ MJh}$$

Esta capacidad es por cada equipo a instalar, el fabricante recomienda instalar 10 equipos y considerando 11,17Hr como el tiempo necesario de pre-secado para alcanzar el ciclo buscado (20Hr), obtenemos la energía calorífica necesaria por los equipos Munters para funcionar al 100% de su capacidad.

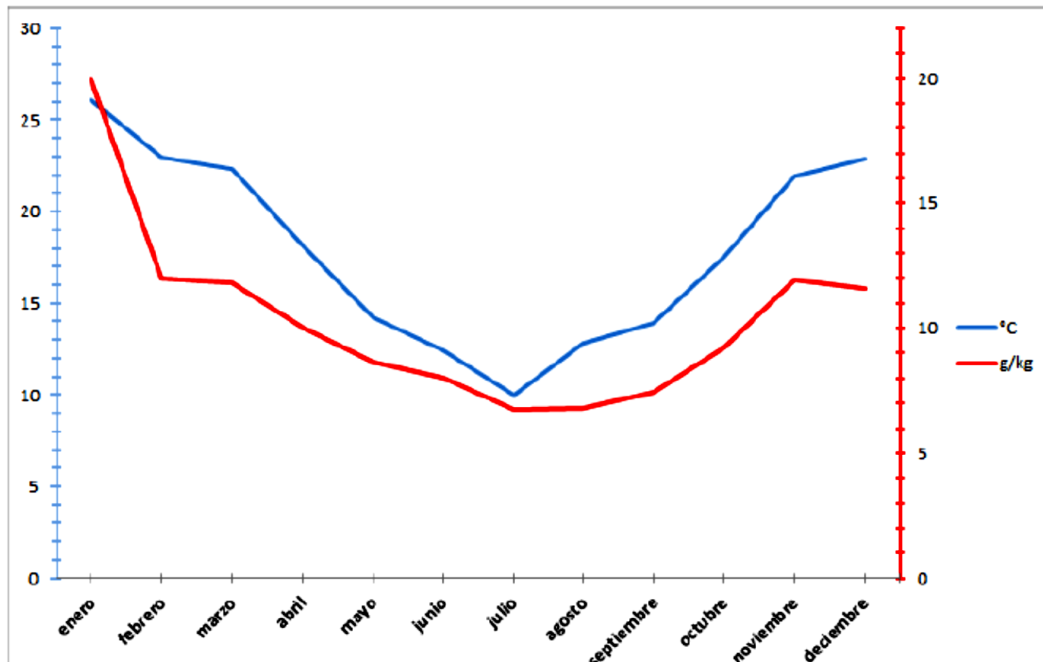
3.512,3	MJh/equipo
11,17	Tiempo pre secado con secador instalado (Hr)
39.220,2	MJ/pre secado por equipo
10	Cantidad de equipos
392.201,9	MJ/pre secado
220,0	Ton malta por batch
1.782,7	MJ/Ton malta en el pre secado
0,7	Rendimiento del equipo
2.546,8	[MJ/tn malta/presecado] Consumo energético /pre secado / tn malta (Munters al 100%)

Estimación de funcionamiento mes a mes:

El fabricante nos suministra relevamiento de datos atmosféricos del área a donde se van a instalar los equipos, y con estos datos también nos da los datos de salida de aire de Munters funcionando al 100% de su capacidad.

Datos de aire ambiente (datos suministrados por fabricante Munters). Punto A del Flujograma

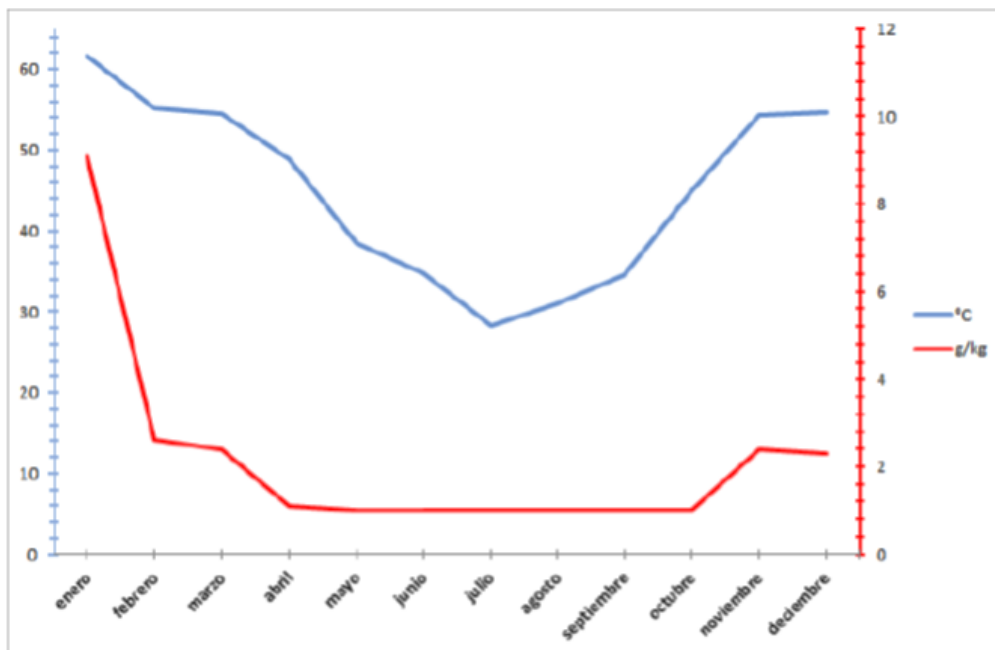
Grafica 1



Analizando la gráfica previa se definen los meses (Julio, Agosto y Setiembre) donde no será necesario utilizar los equipos Munters por ser la humedad absoluta del aire ambiente menor a la necesaria (7,6 gr/Kg).

Datos aire de salida , equipos Munters funcionando al 100% de su capacidad.

Grafica 2



Resumen de datos suministrados por el fabricante:

	Datos aire ambiente [promedio mensual] (Grafica 1) - Punto A Flujoograma		Datos aire salida Munters (Grafica 2) Equipos funcionando al 100% de su capacidad	
	Hu abs aire ambiente [gr/Kg]	Temp ambiente [°C]	Hu absoluta [gr/Kg]	Temp [°C]
Enero	20	26	9,2	62
Febrero	12	23	2,6	55
Marzo	11,8	22,2	2,4	54,2
Abril	10	18,2	1,1	49,5
Mayo	8,8	14,1	1	38
Junio	7,9	12,6	1	35
Julio	6,8	10	1	28
Agosto	6,9	12,9	1	34
Septiembre	7,3	13,9	1	34,5
Octubre	9,2	17,5	1	45
Noviembre	11,9	21,9	2,4	54
Diciembre	11,7	22,8	2,3	55

En pasos anteriores del proyecto se definió como necesario para lograr el ciclo de secado necesario (20Hr), una Hu abs de 7,6 gr/Kg.

Por esto es que se va a establecer como parámetro de funcionamiento para los equipos Munters, mantener valor de Hu abs de salida en 7,6 gr/Kg.

Observando los datos suministrados por el fabricante en tabla anterior (valores en amarillo), se observa que en la mayoría de los meses si los equipos funcionaran al 100%, se obtendrían valores de humedad absoluta del aire de proceso muy por debajo de lo necesario (7,6 gr/Kg).

El proveedor nos manifiesta que se dimensionó por caudal necesario de los equipos, 10 equipos de 70000 m³/hr.

Se le realizó una consulta al proveedor si era posible disminuir la cantidad de equipos, no se obtuvo respuesta respecto a dicha consulta.

Por lo tanto es necesario estimar un % de funcionamiento para cada mes, y con este dato se calculará la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos Munters para cada mes en particular.

Para determinar el % de funcionamiento se considera como 100% al máximo descenso de humedad absoluta que el equipo puede lograr, de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante, el % de funcionamiento será el descenso necesario de humedad absoluta para llegar a la hu abs necesaria (7,6 gr/Kg) dividido el máximo descenso posible.

	Datos aire ambiente [promedio mensual] (Grafica 1) - Punto A Flujoograma		Datos aire salida Munters (Grafica 2) Equipos funcionando al 100% de su capacidad				Estimación % de funcionamiento		
	Hu abs aire ambiente	Temp ambiente	Hu absoluta [gr/Kg]		Temp [°C]		DELTA Hu Abs (aire ambiente vs salida Munters) 100%	DELTA Hu abs (aire ambiente y Hu abs necesaria)	% estimado de funcionami ento
Enero	20	26	9,2	9,2	62	64	10,8	10,8	100%
Febrero	12	23	2,6	7,6	55	64	9,4	4,4	47%
Marzo	11,8	22,2	2,4	7,6	54,2	64	9,4	4,2	45%
Abril	10	18,2	1,1	7,6	49,5	64	8,9	2,4	27%
Mayo	8,8	14,1	1	7,6	38	64	7,8	1,2	15%
Junio	7,9	12,6	1	7,6	35	64	6,9	0,3	4%
Julio	6,8	10	1	7,6	28	64	5,8	-0,8	-14%
Agosto	6,9	12,9	1	7,6	34	64	5,9	-0,7	-12%
Septiembre	7,3	13,9	1	7,6	34,5	64	6,3	-0,3	-5%
Octubre	9,2	17,5	1	7,6	45	64	8,2	1,6	20%
Noviembre	11,9	21,9	2,4	7,6	54	64	9,5	4,3	45%
Diciembre	11,7	22,8	2,3	7,6	55	64	9,4	4,1	44%

Teniendo el % estimado de consumo de energía y la energía a consumir por los equipos cuando funcionan al 100%, tenemos la energía calorífica a consumir mes a mes.

	% estimado de funcionamiento	Cons energ Munters al 100% [MJ/tn malta/presecado]	Energía presecado Munters (A-B) [MJ/tn malta/presecado]
Enero	100%	2.546,8	2.546,8
Febrero	47%	2.546,8	1.192,1
Marzo	45%	2.546,8	1.137,9
Abril	27%	2.546,8	686,8
Mayo	15%	2.546,8	391,8
Junio	4%	2.546,8	110,7
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre	20%	2.546,8	496,9
Noviembre	45%	2.546,8	1.152,7
Diciembre	44%	2.546,8	1.110,8

Energía necesaria para llevar el aire a las características necesarias por el proceso.

Para poder determinar la energía necesaria para calentar el aire desde la salida del equipo Munters hacia la temperatura de proceso (Puntos B-C del flujograma) es necesario saber la temperatura de salida de los equipos Munters, dado que el fabricante solo proporciona la temperatura para la condición del equipo funcionando al 100% de su capacidad.

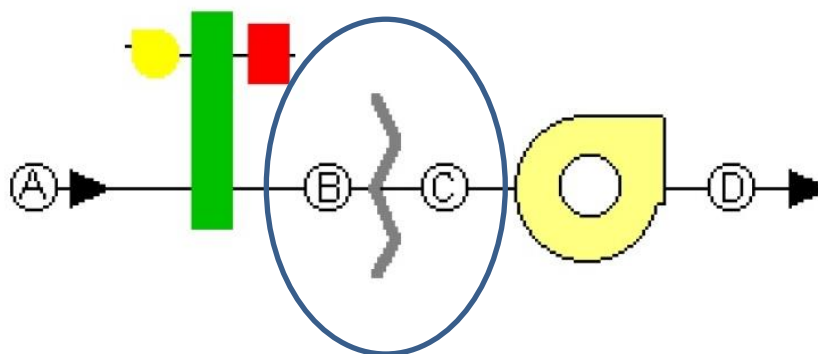
Para determinar esta temperatura se considera lo siguiente: se tienen los dos extremos de funcionamiento del mismo (0% corresponde a temp ambiente, Punto B y 100% a temperatura suministrada por fabricante a la salida del equipo) .y se interpola entre dichos valores de acuerdo al % de funcionamiento determinado anteriormente.

	% estimado de funcionamiento	Estimación temperaturas salida con equipos Munters modulando			Datos salida Munters a 7,6 gr/Kg Punto B Flujograma	
		0%	100%	Temp modulación	Hu salida	T salida a 7,6 gr/Kg
Enero	100%	26	62	62,0	9,2	62,0
Febrero	47%	23	55	38,0	7,6	38,0
Marzo	45%	22,2	54,2	36,5	7,6	36,5
Abril	27%	18,2	49,5	26,6	7,6	26,6
Mayo	15%	14,1	38	17,8	7,6	17,8
Junio	4%	12,6	35	13,6	7,6	13,6
Julio					6,8	10,0
Agosto					6,9	12,9
Septiembre					7,3	13,9
Octubre	20%	17,5	45	22,9	7,6	22,9
Noviembre	45%	21,9	54	36,4	7,6	36,4
Diciembre	44%	22,8	55	36,8	7,6	36,8

Con este dato ya tenemos todos los datos en el punto B del flujograma, salida de los equipos Munters.

Punto del flujograma	A-		B-	
Caudal aire [m3/hr]	700.000		700.000	
Datos aire (Temp bulbo seco [°C]; Hu abs [gr/Kg])	T [°C]	ω [gr/Kg]	T [°C]	ω [gr/Kg]
Enero	26,0	20	62,0	9,2
Febrero	23,0	12	38,0	7,6
Marzo	22,2	11,8	36,5	7,6
Abril	18,2	10	26,6	7,6
Mayo	14,1	8,8	17,8	7,6
Junio	12,6	7,9	13,6	7,6
Julio	10,0	6,8	10,0	6,8
Agosto	12,9	6,9	12,9	6,9
Setiembre	13,9	7,3	13,9	7,3
Octubre	17,5	9,2	22,9	7,6
Noviembre	21,9	11,9	36,4	7,6
Diciembre	22,8	11,7	36,8	7,6

Para el proceso es necesario tener el aire a 64°C, por lo tanto será necesario calentar el aire de salida de Munters a dicha temperatura, esto se realiza mediante un intercambiador agua caliente-aire, punto B-C del flujograma.

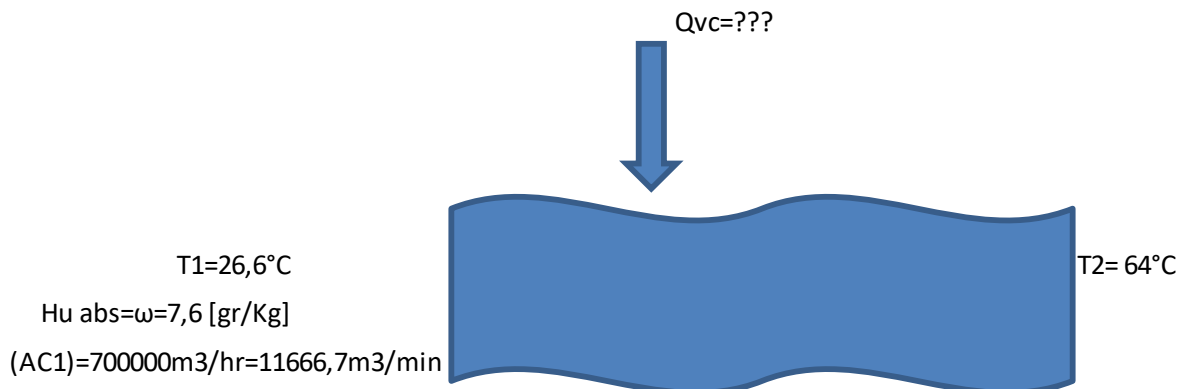


Consumo necesario para elevar temperatura del aire de salida de Munters hasta temperatura requerida de proceso (64°C).

Se realiza un detalle del cálculo para el mes de abril, el resto de los cálculos se realizan mediante planillas de Excel.

Punto del flujograma	A-		B-	
Caudal aire [m3/hr]	700.000		700.000	
Datos aire (Temp bulbo seco [°C]; Hu abs [gr/Kg])	T [°C]	ω [gr/Kg]	T [°C]	ω [gr/Kg]
Enero	26,0	20	62,0	9,2
Febrero	23,0	12	38,0	7,6
Marzo	22,2	11,8	36,5	7,6
Abril	18,2	10	26,6	7,6
Mayo	14,1	8,8	17,8	7,6
Junio	12,6	7,9	13,6	7,6
Julio	10,0	6,8	10,0	6,8
Agosto	12,9	6,9	12,9	6,9
Setiembre	13,9	7,3	13,9	7,3
Octubre	17,5	9,2	22,9	7,6
Noviembre	21,9	11,9	36,4	7,6
Diciembre	22,8	11,7	36,8	7,6

Se considera el volumen de control solo en el intercambiador agua - aire de la caldera, puntos B-C del flujograma de proceso.



Consideraciones e hipótesis

- 1-Volumen de control en estado estacionario
- 2-Variaciones de energía cinética y potencial entre entrada y salida se desprecian y $W_{vc}=0$
- 3-Las corrientes de aire entrada y saliente se pueden considerar mezclas de gases ideales.

Balace de masa:

$$\begin{aligned} m_{a1} &= m_{a2} & (\text{aire seco}) & \Rightarrow & m_a \\ m_{v1} &= m_{v2} & (\text{agua}) & \Rightarrow & m_v \end{aligned}$$

Con estas consideraciones la humedad específica es la misma a la entrada que a la salida $\omega_1 = \omega_2$

Por hipótesis 2, balance de energía:

$$0 = Q_{vc} - W_{vc} + (m_a \cdot h_{a1} + m_v \cdot h_{v1}) - (m_a \cdot h_{a2} + m_v \cdot h_{v2})$$

Las corrientes de entrada y salida se consideran mezclas de gases ideales, despejo Q_{vc}

$$Q_{vc} = m_a(h_{a2} - h_{a1}) + m_v(h_{v2} - h_{v1})$$

Teniendo en cuenta que:

$$Q_{vc} = m_a(h_{a2} - h_{a1}) + \omega \cdot m_a(h_{v2} - h_{v1})$$

$$Q_{vc} = m_a[(h_{a2} - h_{a1}) + \omega(h_{v2} - h_{v1})]$$

Entalpías específicas del aire seco [ha]

Tabla A 22, pag 846 Morán Shapiro ⁴

$$\begin{aligned} T_1 = 26,6^\circ\text{C} = 299,6\text{K} & \Rightarrow h_{a1} = 299,8 \text{ KJ/Kg} \\ T_2 = 64^\circ\text{C} = 337,14\text{K} & \Rightarrow h_{a2} = 337,54 \text{ KJ/Kg} \end{aligned}$$

Entalpías específica del vapor de agua [hv]

$h_v = h_g$ (entalpía del vapor saturado)

T1 y T2 tabla A-2 pag 810 Morán Shapiro ⁵

$$\begin{aligned} T_1 = 26,6^\circ\text{C} & \Rightarrow h_{v1} = 2550,1 \text{ KJ/Kg} \\ T_2 = 64^\circ\text{C} & \Rightarrow h_{v2} = 2623,36 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

El flujo másico de aire seco se puede determinar a partir del caudal de entrada (AC)₁

$$m_a = \frac{(AC)_1}{v_{a1}}$$

En esta ecuación v_{a1} es el volumen específico del aire seco calculado a T1 y a la presión parcial del aire seco p_{a1} .

Usando la ecuación de estado del gas ideal.

$$v_{a1} = \frac{\left(\frac{R}{M}\right) T_1}{p_{a1}}$$

⁴ Documento H Anexo 6 - Tabla A 22 – Propiedades de gas ideal para el aire - Fundamentos de termodinámica técnica – Moran Shapiro

⁵ Documento H Anexo 7 - Tabla A 2 – Propiedades del agua saturada (liquido-vapor): Tabla de temperaturas - Fundamentos de termodinámica técnica – Morán Shapiro

La presión parcial pa_1 se puede determinar con la presión de la mezcla p y con la presión parcial del vapor de agua pv_1

$$pa_1 = p - pv_1$$

Se considera la presión de la mezcla igual a 1 bar.

Para calcular pv_1 hay que utilizar el dato de la humedad relativa (ϕ_1) a la entrada y la presión de saturación a la temperatura de ingreso al volumen de control tomada de la tabla A-2 Morán Shapiro.

De diagrama psicrometrico, hallamos humedad relativa en el punto 1, ϕ_1 .

$$\left. \begin{array}{l} T_1=26,6^\circ\text{C} \\ \omega_1=7,6 \text{ gr/Kg} \end{array} \right\} \phi_1=35\%$$

De tabla A-2, Morán Shapiro, obtenemos presión de saturación

$$T_1=26,6 \Rightarrow pg_1=0,034854 \text{ bar}$$

$$pv_1 = \phi_1 \cdot pg_1$$

$$pv_1 = 0,012200 \text{ bar}$$

$$pa_1 = p - pv_1$$

$$pa_1 = 1 - 0,001220 = 0,99878 \text{ bar}$$

$$va_1 = \frac{\left(\frac{R}{M}\right) T_1}{pa_1} = \frac{\left(\frac{8314 \text{ N}\cdot\text{m}}{28,97 \text{ KgK}}\right) * 299,6 \text{ K}}{0,99878 \times 10^5 \text{ N/m}^2}$$

$$va_1 = 0,87 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

El flujo másico es:

$$ma = \frac{(AC)_1}{va_1} = \frac{11666,7 \text{ m}^3/\text{min}}{0,87 \text{ m}^3/\text{Kg}} = 13401,5 \text{ Kg}/\text{min}$$

Humedad específica:

$$\omega = 0,622 \left(\frac{pv_1}{p - pv_1} \right) = 0,622 \left(\frac{0,01220}{1 - 0,01220} \right)$$

$$\omega = 0,001128 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{Kg aire seco}} = 7,6 \text{ gr vapor/Kg aire seco}$$

Coincide con el vapor para el cual el equipo Munters realiza la modulación (7,6 gr/Kg)

Sustituyendo valores en la expresión de Q_{vc} , obtenemos la energía necesaria:

$$Q_{vc} = ma[(ha_2 - ha_1) + \omega(hv_2 - hv_1)]$$

$$Q_{vc} = 13401,5 \frac{Kg}{min} [(337,54 \frac{Kj}{Kg} - 299,8 \frac{Kj}{Kg}) + 0,0076 \frac{Kg \text{ vapor}}{Kg \text{ aire seco}} (2623,36 \frac{Kj}{Kg} - 2550,1 \frac{Kj}{Kg})]$$

$$Q_{vc} = 513392,8 \frac{KJ}{min}$$

$$Q_{vc} = 513.392,8 \text{ KJ/min}$$

513,4	Mj/min
60,0	min/hr
30803,6	MJ/hr
11,2	hr/pre secado
344075,9	MJ/presecado
220,0	ton malta/presecado
1564,0	MJ/tn malta/presecado
0,8	Rendimiento intercambiadores
2234,3	MJ/tn malta/presecado

Para el resto de los meses se utilizará el mismo desarrollo de cálculo utilizado anteriormente, pero resumiendo en una tabla de Excel ⁶

⁶Documento H Anexo 8 –: Cálculo energía calorífica consumida con Munters.xls

Calculo de energía calorífica total consumida en el pre-secado con equipos Munters instalados.

$$\text{Consumo total de energía} = \text{Energía presecado (Munters A-B)} + \text{Energía presecado (intercambiador B-C)}$$

Teniendo los cálculos realizados de la energía necesaria para las principales etapas del secado, podemos obtener el consumo de energía calorífica por pre-secado con los equipos Munters instalados.

	Energía presecado Munters (A-B) [MJ/tn malta/pre-secado]	Energía presecado intercambiador (B-C) [MJ/tn malta/pre-secado]	Cons total energía en pre-secado (Con Munters) [MJ/tn malta/pre-secado]	Meta 2015 (sin Munters-solo pre-secado) [MJ/tn malta/pre-secado]	% Aumento con instalación de equipos Munters
Enero	2.546,8	102,6	2.649,4	2.151,6	23,1%
Febrero	1.192,1	1.312,6	2.504,7	1.848,9	35,5%
Marzo	1.137,9	1.394,4	2.532,3	1.935,6	30,8%
Abril	686,8	1.955,0	2.641,7	2.197,3	20,2%
Mayo	391,8	2.485,2	2.877,0	2.252,5	27,7%
Junio	110,7	2.751,3	2.862,0	2.586,6	10,6%
Julio				2.609,5	
Agosto				2.586,6	
Septiembre				2.329,0	
Octubre	496,9	2.201,4	2.698,4	2.159,0	25,0%
Noviembre	1.152,7	1.399,7	2.552,5	1.831,8	39,3%
Diciembre	1.110,8	1.377,8	2.488,6	1.797,8	38,4%
				Promedio	27,9%

En los meses en los que los equipos Munters están en funcionamiento, se consume en promedio un 27,9% a más de energía calorífica por cada pre-secado. Dado que con la instalación de estos equipos se obtiene un aumento de producción, es necesario hacer un promedio ponderado por la producción de cada mes.

En los meses donde no sería necesario utilizar los equipos desecantes (Julio, Agosto, Setiembre) se considera el consumo energético igual al actual, o sea igual a la meta propuesta para el año 2015 por la empresa, por lo tanto, el índice de

consumo de energía calorífica para el pre-secado con la instalación de los equipos desecantes sería:

	Cons energía pre-secado (Con Munters) [MJ/tn malta/pre-secado]
Enero	2.649,4
Febrero	2.504,7
Marzo	2.532,3
Abril	2.641,7
Mayo	2.877,0
Junio	2.862,0
Julio	2.609,5
Agosto	2.586,6
Septiembre	2.329,0
Octubre	2.698,4
Noviembre	2.552,5
Diciembre	2.488,6

Para poder cuantificar el aumento de consumo con la instalación de los equipos desecantes, debemos cuantificar el consumo energético por pre-secado sin considerar los equipos instalados, teniendo la meta original de consumo y considerando que en la etapa final de secado se consume un 15% de energía.

Presupuesto de consumo de energía calorífica en el secado año 2015		
Mes	Meta 2015 [MJ/tn malta]	Energía en pre-secado 85% energía
Enero	2.531,34	2.151,64
Febrero	2.175,21	1.848,93
Marzo	2.277,13	1.935,56
Abril	2.585,00	2.197,25
Mayo	2.650,00	2.252,50
Junio	3.043,00	2.586,55
Julio	3.070,00	2.609,50
Agosto	3.043,00	2.586,55
Septiembre	2.740,00	2.329,00
Octubre	2.540,00	2.159,00
Noviembre	2.155,00	1.831,75
Diciembre	2.115,00	1.797,75
Indice año	2582	

Para obtener el índice año, se hace un promedio ponderado por las toneladas de producción para cada situación (sin y con equipos Munters instalados), este promedio ponderado es necesario debido a que con la instalación de los equipos el volumen de producción obtenido aumentaría.

	Sin Munters		Con Munters	
	Tons producción sin Munters [Tn Malta]	Indice energía calorífica [MJ/tn malta/pre-secado]	Tons producción con Munters [Tn Malta]	Indice energía calorífica [MJ/tn malta/pre-secado] (Con Munters)
Enero	7.784	2.151,6	8.000	2.649,4
Febrero	6.919	1.848,9	7.135	2.504,7
Marzo	8.071	1.935,6	8.295	2.532,3
Abril	7.623	2.197,3	7.623	2.641,7
Mayo	7.847	2.252,5	8.071	2.877,0
Junio	7.847	2.586,6	7.847	2.862,0
Julio	7.847	2.609,5	7.847	2.609,5
Agosto	8.071	2.586,6	8.071	2.586,6
Septiembre	7.623	2.329,0	7.623	2.329,0
Octubre	7.847	2.159,0	8.071	2.698,4
Noviembre	7.872	1.831,8	7.872	2.552,5
Diciembre	7.847	1.797,8	8.071	2.488,6
Indice año		2.193,8		2.612,5 19%

En el año el aumento de consumo de energía calorífica estaría en el entorno del 19%, teniendo como índice 2612,5 MJ/tn malta/pre-secado.

Teniendo los siguientes datos:

Toneladas fabricadas por batch: 220 toneladas
Energía consumida por tonelada por pre-secado: 2612,5 MJ/tn

Podemos determinar la energía consumida en un batch:

$$2612,5 \text{ MJ/tn} * 220 \text{ tn} = 574756,2 \text{ MJ/batch}$$

Para calcular las toneladas de leña consumidas por cada batch en el pre-secado, se considera:

$$PCI = 2912 \text{ Mcal/tn leña} = 12192 \text{ MJ/tn leña}$$

$$\frac{574756,2 \text{ MJ}/\text{pre} - \text{secado}}{12192 \text{ MJ}/\text{tn leña}} = 47,14 \text{ tn leña}/\text{pre secado}$$

Costo de energía calorífica consumida en caldera por pre-secado (con Munters).

El costo de la tonelada de leña seca (humedad menor a 25%) a Marzo 2015 es de 115 dólares.

$$47,14 \text{ tn leña}/\text{pre secado} * 115 \text{ USD}/\text{tn leña seca} = 5421,1 \text{ USD}/\text{pre secado}$$

Costo en dolares de energía calorífica por pre – secado (con Munters) =

5421,1 Dolares

Energía eléctrica de ventiladores de secadora

Consumo energía eléctrica de ventiladores de secadora (con Munters).

En la secadora hay instalados 2 ventiladores de 355Kw, los mismos durante el pre-secado funcionan al 100% de su capacidad.

Con la instalación de los equipos desecantes el tiempo de funcionamiento de los ventiladores disminuiría, por lo que para este cálculo se considera un tiempo de pre-secado de 11,17 horas.

$$355 \text{ Kw/hr} * 2 * 11,17 \text{ hr} = 7930,7 \text{ Kw/pre secado}$$

Costo de energía eléctrica en ventiladores de secadora consumida por pre-secado (con Munters).

El costo del Kw a marzo del 2015 es de 0,107 USD/Kw

$$7930,7 \text{ Kw/pre secado} * 0,107 \text{ USD/Kw} = 848,6 \text{ USD/pre secado}$$

Costo de energía eléctrica en ventiladores de secadora por pre – secado =

848,6 Dolares

Energía eléctrica de equipos Munters.

Los dos principales consumos eléctricos de los equipos Munters serían:

- Motor de ventilador de reactivación de cilindro desecante
- Motor de aire de proceso (incluido en equipo Munters)

Consumo energía eléctrica de caldera.

Adjunto detalles técnicos de los mismos.

Reactivation Air Fan		
Model		30
Type		BI-AF - SISW
Air Flow	SCFM	14,300
Total Pressure	"WC	7.55
External Pressure	"WC	3.09
Design Temperature	°F	127
Fan Speed	RPM	1655
Motor Speed	RPM	1725
Motor Power	hp	30
Motor Enclosure		TEFC
Motor Class		Class B

Equipment Schedule

Supply Air Fan		
Model		445 DWDI
Type		BI-AF - DWDI
Air Flow	SCFM	41,200
Entering Conditions	°F / gr/lb	143 / 56.6
Leaving Conditions	°F / gr/lb	145 / 56.6
Total Pressure	"WC	4.04
External Pressure	"WC	1.24
Fan Speed	RPM	958
Fan Power	hp	42.8
Motor Speed	RPM	1730
Motor Power	hp	50.0
Motor Enclosure		TEFC
Motor Class		Class B
Housing Construction		Welded Steel
Vibration Isolation		Spring

Potencia total = 80 HP=59,65 Kwh Potencia total = Motor ventilador reactivación + motor ventilador aire proceso

10 equipos
 11,17 hr/presecado con Munters
 6660,92 Kw/presecado
 0,107 USD/Kw
 711,36 USD / presecado

Costo de energía eléctrica en equipos Munters por pre – secado =

711,36 Dolares

Costo total de pre-secado en dólares con instalación de equipos Munters

	Costo [USD]
Energía eléctrica en caldera por presecado	92,66
Energía calorífica por pre secado	5421,35
Energía eléctrica en ventiladores de secadora por presecado	846,72
Consumo de energía eléctrica de Munters	711,36
Total [USD/pre-secado]	7072,09

Costo total de energía utilizada por pre – secado con secadores Munters =

7072,09 Dolares

Resumiendo:

SIN MUNTERS	Costo [USD]
Energía eléctrica en caldera por presecado	95,16
Energía calorífica por pre secado	4554,30
Energía eléctrica en ventiladores de secadora por presecado	884,63
Total [USD/pre-secado]	5534,10
CON MUNTERS	Costo [USD]
Energía eléctrica en caldera por presecado	92,66
Energía calorífica por pre secado	5421,35
Energía eléctrica en ventiladores de secadora por presecado	846,72
Consumo de energía eléctrica de Munters	711,36
Total [USD/pre-secado]	7072,09
Diferencia [USD]	1538,00
%	27,8%

En costos, se tiene un aumento del 27,8% por cada secado realizado.

Siendo el costo por secado tan significativo, antes de avanzar en estimación de costos tales como costos de instalación o mantenimiento, se hará un primer análisis comparando costos operativos con el margen de ganancias previsto con la instalación de los nuevos equipos analizados. También se solicitó opinión al proveedor con respecto a los cálculos realizados de estimaciones de energías, para que el mismo de su opinión sobre los mismos, dado que esto es de vital importancia para la viabilidad de la instalación de los equipos.

Diego Cabrera <cabrerando@gmail.com> escribió:

“ Buenas días Guillermo ,Murilo como están?

Les comento que avanzamos en el proyecto de viabilidad de vuestros equipos.

Los costos operativos de funcionamiento nos dan un aumento en el entorno del 28% respecto a los costos actuales, esto incluye costos de energía eléctrica y leña principalmente, lo cual es mucho dinero, siendo que si consideramos que el ciclo al que queremos llegar es 20 horas todo el año, no nos sería viable.

Les adjunto un excel, donde están detallados los cálculos de la energía calorífica necesaria en funcionamiento para los equipos.

Les adjunto solo ese cálculo porque en costos significa un 80% del total.

Para hacer los mismos se tuvieron que hacer varias consideraciones.

Por esto mismo los pongo sobre la mesa, para debatir/criticar los mismos.

Si ustedes quieren podemos coordinar y hacer una conference vía Skype, o como deseen.

Sda atte.

Diego Cabrera

Maltería Cympay. ”

No hemos tenido respuesta respecto a nuestra solicitud.

Análisis económico de costos operativos versus margen de ganancia por ejecución del proyecto.

Para realizar un primer análisis básico de viabilidad se calculan las posibles ganancias a obtener con el proyecto a instalar comparados con los costos operativos obtenidos anteriormente.

Los principales costos a considerar son:

- Margen de ganancia: 231 USD/tn malta producida
- Costo operativo actual: 5534,1 USD/batch secado.
- Costo operativo futuro (Munters funcionando a 20hs): 7072,1 USD/batch secado.

Para este análisis se consideró mes a mes la cantidad de batches a fabricar para cada situación, obteniendo sus respectivos costos de operación (gastos de energía eléctrica y leña principalmente).

Planilla de cálculo:

Valor [USD]	Ene. Feb. Mar. Abr. May. Jun. Jul. Ago. Set. Oct. Nov. Dic.												Total año
	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	
	Tons malta/batch												
	HORAS												
	SIN MUNTERS CICLO												
	36	32	36	34	35	35	35	36	34	35	35	35	35
5534,1	199.228	177.091	199.228	188.159	193.694	193.694	193.694	199.228	188.159	193.694	193.694	193.694	193.694
	Tons malta												2.313.254
	Horas germinación disponibles												91.960
	94,7												
	CICLO												
	HORAS												
	37	33	37	34	36	35	35	36	34	36	35	36	36
7072,1	261.668	233.379	261.668	240.451	264.595	247.523	247.523	254.595	240.451	264.595	247.523	254.595	254.595
	Tons malta												93.280
	Tons malta ganancia												1.320
	Margen ganancia - USD/tn malta												304.920
231,0	62.440	56.288	62.440	52.292	60.902	53.830	53.830	55.368	52.292	60.902	53.830	60.902	60.902
	Dif costo secado [USD/secado]												685.314
	Margen [USD]												-380.394
	Horas germinación disponibles												
	93,0												

Resumiendo los principales costos por año:

Comparación de costos operativos	
Costo operativo actual [USD/año]:	2.313.254
Costo operativo futuro [USD/año]:	2.998.568
Aumento costos operativos [USD/Año]:	685.314
Margen ganancia por aumento producción	
Batch a fabricar actual [Batch/año]	418
Batch a fabricar futuro [Batch/año]	424
Aumento de producción [Batch]	6
Tons/Batch	220
Aumento de producción [ton malta]	1320
Margen ganancia [USD/tn malta]	231,0
Margen ganancia [USD/año]	304.920
Resultado año ganancia vs costo operativo [USD/año]	-380.394

Como conclusión obtenemos que con los equipos instalados, funcionando con ciclos de secado de 20 horas, no sería viable económicamente.

Existe la posibilidad de disminuir los ciclos de secado, pero esto traería que el cuello de botella del proceso pase a ser la etapa de germinación.

El tiempo de germinación teórico se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo germ [hr]} = \text{Cant de germinadores} * \text{Tiempo ciclo secado[hr]} - \text{Tiempo descarga germinador [hr]}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de germinadores instalados} &= 5 \\ \text{Tiempo descarga de germinadores} &= 7 \text{ horas} \end{aligned}$$

Para ciclos de secado de 20 horas:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo germ [hr]} &= 5 * 20 \text{ hr} - 7 \text{ hr} \\ \text{Tiempo germ [hr]} &= 93 \text{ hr} \end{aligned}$$

Por requerimientos de calidad, las horas de germinación deben de estar entre 93 y 96 horas, por lo tanto con ciclos de 20 horas, estaríamos en el mínimo aceptable.

Estimación de costos de instalación de los equipos.

La AACE (Asociación Americana de Ingenieros de Costos, American Association of Cost Engineers) ha creado una escala de clases de costos⁷, donde la calidad de las aproximaciones depende del nivel de definición del proyecto. Mayor grado de definición implica una mayor precisión, pero también conlleva un mayor costo en horas hombre de trabajo. Estas escalas de clases de costos son recogidas por distintos organismos internacionales, por ejemplo ANSI, la cual posee la norma ANSI standard Z94.2.1989 Industrial Engineering, Terminology: Cost Engineering.

En fases tempranas, para ejecutar los análisis de inversión, tendremos que conformarnos con una estimación rápida, pero que permita decidir si proseguir o no.

A medida que la ingeniería avanza, de conceptual a básica, de básica a detalle, el nivel de definición y detalle mejora, y por lo tanto la estimación es más precisa.

Obviamente que este modelo es de aplicación total en emprendimientos de gran envergadura, donde desde la idea original hasta la obra terminada pasan años, y donde cada avance de la ingeniería implica una mayor erogación.

Las diferentes clases definidas son:

Clase 5, implica una definición del proyecto menor al 2%, se utiliza para probar si el concepto es posible antes de hacer los estudios de factibilidad. Se basa en métodos estocásticos como la comparación con proyectos similares o el sentido común de quien calcula el costo. Su precisión se espera que sea del -50% / $+100\%$, y el nivel de esfuerzo para lograrla es mínimo y en general no contabilizable. Este costeo puede tenerse en solo unas decenas de horas de trabajo. También se lo llama orden de magnitud o estimación prospectiva.

Clase 4, conlleva una definición del proyecto de entre el 1% y el 15%. Sirve para iniciar los estudios de factibilidad técnico económico y análisis de alternativas. Se basa en la capacidad de la planta y el diagrama en bloques para el costeo de equipos aplicando factores de ajuste y el uso de modelos paramétricos que permiten extrapolar costos conocidos a lo que será nuestro proyecto. Nos brindará una precisión de entre -30% y -50% , implicando un esfuerzo no mayor al 4% del lo que implicaría un costeo clase 1. Para obtener estos costos ya tendremos que invertir cientos de horas de trabajo en el mismo. También se lo llama costeo top-down o factorizado.

⁷ Documento H Anexo 9 - AACE Cost estimate classification system

Clase 3, implica una definición de entre el 10% y el 40% del proyecto, y se usa como base para aprobar el presupuesto. Se basa en el costeo semi-detallado para el cual se necesitan los diagramas de flujo y listados preliminares de equipos e instrumentos, a fin de tener todos los costos en firme de equipos principales y un costeo a nivel de macro de líneas y estructuras. Es decir que usa métodos determinísticos más que estocásticos como sus predecesores, y que el alcance del emprendimiento debe ser el definitivo. La precisión aquí asciende a -20% / $+30\%$, pero para obtenerlo tendremos que erogar hasta un 10% que implicaría un costeo clase 1. Llegar a estos datos implica tener una ingeniería conceptual terminada y esto nos llevará miles de horas de trabajo meses de ejecución. También se lo llama presupuesto o costeo semi-detallado.

Clase 2, exige una definición de entre el 30% y el 70% y nos brinda una precisión de entre el -15% y $+20\%$. Pero para lograr esto tendremos que hacer un costeo detallado de las unidades y los trabajos de instalación, para poder tener un presupuesto en firme dado por cada proveedor clave. Esto nos costará hasta el doble de esfuerzo de lo que empleamos para un costeo clase 3. Con este costeo ya se puede hacer un control de costos adecuado, y estos costos también son usados por los contratistas para determinar un primer costo de la obra. Algunas compañías ya toman este costeo como definitivo.

Clase 1, la definición del proyecto debe ser superior al 50% para poder tener un costeo dentro de un margen de -10% y -15% . Puede que este detalle solo se tenga para ciertas partes del proyecto, más que para su totalidad. Este trabajo implica un costeo detallado de todos los equipos y trabajos a realizar, no pudiéndose utilizar estimaciones, cálculos o aproximaciones para su cálculo. Esto implica tener casi la totalidad de la ingeniería desarrollada como así también todos los planes de proyecto aprobados. Llegar a este extremo de definición nos tomará meses y el doble de esfuerzo que el empleado para un costeo clase 4. Este costeo es el que se utiliza para el control final del proyecto y para negociar con contratistas. También se lo llama costeo detallado, bottom-up, o precio en firme.

A continuación una tabla donde se hace referencia a cada clase de estimación de costos:

ESTIMATE CLASS	Primary Characteristic	Secondary Characteristic			
	LEVEL OF PROJECT DEFINITION Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical variation in low and high ranges [a]	PREPARATION EFFORT Typical degree of effort relative to least cost index of 1 [b]
Class 5	0% to 2%	Concept Screening	Capacity Factored, Parametric Models, Judgment, or Analogy	L: -20% to -50% H: +30% to +100%	1
Class 4	1% to 15%	Study or Feasibility	Equipment Factored or Parametric Models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%	2 to 4
Class 3	10% to 40%	Budget, Authorization, or Control	Semi-Detailed Unit Costs with Assembly Level Line Items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%	3 to 10
Class 2	30% to 70%	Control or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Forced Detailed Take-Off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%	4 to 20
Class 1	50% to 100%	Check Estimate or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Detailed Take-Off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%	5 to 100

Nuestro proyecto estaría definido como clase 4, estudio de viabilidad (Study or Feasibility).

Detalle de estimación de costos clase 4:

CLASS 4 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2-1989 Name: Budget estimate (typically -15% to + 30%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Screening, top-down, feasibility, authorization, factored, pre-design, pre-study.</p> <p>Description: Class 4 estimates are generally prepared based on limited information and subsequently have fairly wide accuracy ranges. They are typically used for project screening, determination of feasibility, concept evaluation, and preliminary budget approval. Typically, engineering is from 1% to 5% complete, and would comprise at a minimum the following: plant capacity, block schematics, indicated layout, process flow diagrams (PFDs) for main process systems, and preliminary engineered process and utility equipment lists.</p> <p>Level of Project Definition Required: 1% to 15% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 4 estimates are prepared for a number of purposes, such as but not limited to, detailed strategic planning, business development, project screening at more developed stages, alternative scheme analysis, confirmation of economic and/or technical feasibility, and preliminary budget approval or approval to proceed to next stage.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 4 estimates virtually always use stochastic estimating methods such as equipment factors, Lang factors, Hand factors, Chilton factors, Peters-Timmerhaus factors, Guthrie factors, the Miller method, gross unit costs/ratios, and other parametric and modeling techniques.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 4 estimates are -15% to -30% on the low side, and +20% to +50% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): Typically, as little as 20 hours or less to perhaps more than 300 hours, depending on the project and the estimating methodology used.</p>

Traducción:

Métodos de estimación usados:

Estimaciones de clase 4 siempre usan métodos de estimación estocásticos tales como factores de equipos, metodo Lang, metodo Hand, metodo Chilton, método Peters-Timmerhaus, método Guthrie, método Miller, método de unidad bruta/relación y otras paramétricas y técnicas.

Para nuestro proyecto se utilizaron las siguientes metodologías:

- Metodo de Chilton
- Metodo de multiples factores
- Metodo de Guthrie

Metodo Chilton

Este es un método mediante el cual puede extrapolarse el costo de un sistema completo a partir del costo de los equipos principales del proceso (Chilton, 1949)

y determinar una estimación de la inversión total con un error de 10-15% del valor real, por la selección cuidadosa de los factores dentro del rango dado.

Se recomienda el ajuste de los factores experimentales por combinación de los resultados de diferentes casos. Los datos que componen este método se pueden utilizar en el desarrollo de ecuaciones de costo a fin de optimizar las partes de un determinado proceso. El punto de partida en este método es la estimación de la

inversión de los equipos principales de proceso que llamaremos IE. Se observa que el costo de otros rubros esenciales, necesarios para completar el sistema puede correlacionarse con la inversión en los equipos principales y que la inversión total puede estimarse por aplicación de factores experimentales a la inversión básica IE.

Resulta así la ecuación (1) en la cual los factores experimentales f son obtenidos del estudio de varios procesos similares.

$$I_F = I_E \cdot \left(1 + \sum f_i\right) \cdot \left(1 + \sum f_{Ii}\right) \quad (1)$$

donde:

I_F = Inversión fija del sistema completo

I_E = Costo del equipo principal instalado

f_i = Factores de multiplicación para la estimación de costos directos como cañerías, instrumentación, construcciones, etc.

f_{Ii} = Factores de multiplicación para la estimación de costos indirectos como honorarios de ingeniería, contratistas, contingencias, etc.

Factores para la estimación por el metodo Chilton:

No	CONCEPTO	FACTOR MULTIPLICADOR	CONCEPTO MULTIPLICADO
1	Costo del equipo	1.00	1
2	Costo del equipo instalado	1.40-2.20	1
3	Tuberías de proceso		
	Tipos de planta: sólidos	0.07-0.10	2
	sólidos/fluido	0.10-0.30	2
	fluidos	0.30-0.60	2
4	Instrumentación		
	Automatización: poca o ninguna	0.02-0.05	2
	algo	0.05-0.10	2
	completa	0.10-0.15	2
5	Edificios y preparación del terreno		
	Tipo de planta: existente	0.00	2
	externa	0.05-0.20	2
	mixta	0.020-0.60	2
	interna	0.60-1.00	2
6	Auxiliares (potencia, vapor, agua)		
	Extensión: ninguna	0.00	2
	ampliación pequeña	0.00-0.05	2
	ampliación grande	0.05-0.25	2
	nuevas	0.25-1.00	2
7	Líneas exteriores		
	Unidad: Integrada	0.00-0.05	2
	separada	0.05-0.15	2
	dispersa	0.15-0.25	2
8	Costo físico total(Σ conceptos 2-7)		
9	Ingeniería y construcción		
	Complejidad: simple	0.20-0.35	8
	complicada	0.35-0.50	8
10	Contingencia y beneficio contratista		
	Proceso: completado	0.10-0.20	8
	sujeto a cambios	0.20-0.30	8
	especulativo	0.30-0.50	8
11	Factor de tamaño		
	Unidad: grande	0.00-0.05	8
	pequeña	0.05-0.15	8
	planta piloto	0.15-0.35	8
12	Costo total planta (Σ conceptos 8-11)		

Selección de factores de método Chilton para nuestro proyecto:

No	CONCEPTO	Factor multiplicador	Dólares
1	Costo del equipo - NO SE CONSIDERA	0	
2	Costo del equipo en lugar de instalación	1,4	4.200.000
3	Tuberías de proceso - fluidos	0,3	900.000
4	Instrumentación-poca o ninguna	0,02	60.000
5	Edificios y preparación del terreno	0,1	300.000
6	Auxiliares (potencia, vapor, agua)- Extensión: ampliación pequeña	0,02	60.000
7	Lineas exteriores- Unidad separada	0,15	450.000
8	Costo físico total (conceptos 2-7)	1,99	5.970.000
9	Ingeniería y construcción- complejidad simple	0,2	600.000
10	Contigencia y beneficio contratista- proceso completado	0,2	600.000
11	Factor de tamaño Unidad: grande	0,05	150.000
12	Costo total planta (conceptos 8-11)	2,44	7.320.000

Costo de los equipos principales instalados	IE [USD]=	3.000.000
Inversión fija del sistema completo	IF [USD]=	7.320.000

Utilizando el método Chilton, nos da una inversión total del proyecto de 7.320.000 dólares.

Método de múltiples factores

Este método fue extraído de la teoría del Manual del ingeniero químico – Perry -7ma edición.

Para realizar la estimación por este método, se utiliza la siguiente tabla:

TABLE 9-51 Factors to Convert Delivered-Equipment Costs into Fixed-Capital Investment

Details	Grass-roots plants			Battery-limit installations		
	Solids processing	Solids-fluid processing	Fluid processing	Solids processing	Solids-fluid processing	Fluid processing
Equipment, delivered	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Installed	0.19–0.23	0.39–0.43	0.76	0.45	0.39	0.27–0.47
Piping	0.07–0.23	0.30–0.39	0.33	0.16	0.31	0.66–1.20
Structural steel foundations, reinforced concrete			0.28			0–0.13
Electrical	0.13–0.25	0.08–0.17	0.09	0.10	0.10	0.09–0.11
Instruments	0.03–0.12	0.13	0.13	0.09	0.13	
Battery-limits building and service	0.33–0.50	0.26–0.35	0.45	0.25	0.39	0.18–0.34
Excavation and site preparation	0.03–0.18	0.08–0.22		0.13	0.10	0.10
Auxiliaries	0.14–0.30	0.48–0.55	Included above	0.40	0.55	0.70
Total physical plant	2.37	2.97	3.04	2.58	2.97	3.50
Field expense	0.10–0.12	0.35–0.43		0.39	0.34	0.41
Engineering		0.35–0.43	0.41	0.33	0.32	0.33
Direct plant costs	2.48	3.73	3.45	3.30	3.63	4.24
Contractor's fees, overhead, profit	0.30–0.33	0.09–0.17	0.17	0.17	0.18	0.21
Contingency	0.26	0.39	0.36	0.34	0.36	0.42
<i>C_{FC}</i> : total fixed-capital investment	3.06	4.27	3.98	3.81	4.17	4.87

Traducción:

Grass-roots plants: plantas que están totalmente apartadas de la planta principal, necesitando nuevas utilidades (vapor, energía eléctrica, etc.)

Battery-limit installations: se refiere a límites establecidos de una planta, por ejemplo: sector secado, no es una planta apartada de la planta principal, se refiere a un sector.

Se considera para la selección de factores:

- Battery-limit installations: se define un límite específico cerrado de la instalación, equipos desecantes Munters.
- Fluid processing: se considera procesamiento de fluidos.

No	CONCEPTO	Factor multiplicador	Dólares
1	Equipment, delivered	1	3.000.000,00
2	Installed	0,27	810.000,00
3	Piping	0,1	300.000,00
4	Structural	0,13	390.000
5	Electrical	0,1	300.000
6	Instruments		0
7	Battery-limits		0
8	Excavation	0,1	300.000
9	Auxiliaries		0
10	Total physical plant	1,7	5.100.000
11	Field		0
12	Engineering	0,01	30.000
13	Direct plant cost	1,71	5.130.000
14	Contractor's	0,21	630.000
15	Contingency	0,42	1.260.000
	CFC: Total fixed-capital investment	2,34	7.020.000

Para realizar la estimación por este método se realizaron algunas consideraciones, dado que el valor obtenido era demasiado alto si se seguían los factores de la tabla adjunta.

Las consideraciones son:

Piping: se colocó un factor menor al recomendado.

Auxiliaries: esto se refiere a cuando se tienen servicios de compresores de aire, bombas, etc. En nuestro caso no existen equipos auxiliares.

Field: se refiere a compra de terreno, no es necesario para nuestro proyecto.

Engineering: se colocó un factor menor al recomendado por la tabla.

Utilizando el método de múltiples factores, extraído del manual del ingeniero químico, Perry, nos da una inversión total del proyecto de 7.020.000 dólares.

Método de Guthrie

Tabla de factores a utilizar para aplicar el método de Guthrie.

Para este método consideramos los equipos como intercambiadores enfriados a aire (Exchangers-Air cooled)

TABLE 9-56 Factors for Individual Items*

Details	Exchangers			Vessels		Pump and driver	Compressor and driver	Tanks
	Furnaces	Shell and tube	Air-cooled	Vertical	Horizontal			
FOB equipment	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Piping	0.18	0.46	0.18	0.61	0.42	0.30	0.21	
Concrete	0.10	0.05	0.02	0.10	0.06	0.04	0.12	
Steel		0.03		0.08				
Instruments	0.04	0.10	0.05	0.12	0.06	0.03	0.08	
Electrical	0.02	0.02	0.12	0.05	0.05	0.31	0.16	
Insulation		0.05		0.08	0.05	0.03	0.03	
Paint			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Total materials = <i>M</i>	1.34	1.71	1.38	2.05	1.65	1.72	1.61	1.20
Erection and setting (<i>L</i>)	0.30	0.63	0.38	0.95	0.59	0.70	0.58	0.13
<i>X</i> , excluding site preparation and auxiliaries (<i>M + L</i>)	1.64	2.34	1.76	3.00	2.24	2.42	2.19	1.33
Freight, insurance, taxes, engineering, home office, construction		0.08		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Overhead or field expense	0.60	0.95	0.70	1.12	0.92	0.97	0.97	0.97
Total module factor	2.24	3.37	2.46	4.20	3.24	3.47	3.24	1.41

*From K. M. Guthrie, *Chem. Eng.*, 76, 114-142 (Mar. 24, 1969). Based on FOB equipment cost = 100 (carbon steel).

No	CONCEPTO	Factor multiplicador	Dólares
1	FOB equipment	1,4	3.000.000
2	Piping	0,18	540.000
3	Concrete	0,02	60.000
4	Steel		0
5	Instruments		0
6	Electrical	0,12	360.000
7	Insulation		0
8	Paint	0,01	30.000
9	Total	1,73	5.190.000
10	Erection and setting	0,15	450.000
11	Sub total	1,88	5.640.000
12	Freight, insurance, taxes, engineering		0
13	Overhead	0,7	2.100.000
	Total	2,58	7.740.000

Utilizando el método de Guthrie, nos da una inversión total del proyecto de 7.740.000 dólares.

Resumiendo:

De los siguientes métodos utilizados obtuvimos los siguientes valores:

Método utilizado	Valor [Dólares]
Chilton	7.320.000
Múltiples factores	7.020.000
Guthrie	7.740.000
PROMEDIO	7.360.000

Se puede considerar un costo total de la instalación (Incluye equipos desecantes) en el entorno de 7.360.000 dólares.

Estudio de viabilidad en seguridad e higiene ambiental

En nuestro caso, el estudio del impacto ambiental y de seguridad se realiza según procedimientos que la empresa tiene ya preestablecida para todos sus proyectos de ingeniería.

Este procedimiento consta de 2 checks:

- Checklist de gestión de cambios
- Evaluación ambiental de nuevos proyectos y procesos

Los mismos contienen preguntas necesarias a tener en cuenta para cualquier nuevo proyecto, así de esta manera se evita obviar algún ítem que en el futuro pueda traer problemas, en este caso medio ambiental o de seguridad.

Estos checks son completados en conjunto entre el líder del proyecto y los responsables de seguridad y medio ambiente, donde al finalizar los mismos son firmados estando todos de acuerdo.

Para cada ítem donde exista una posible no conformidad se debe de colocar una acción a realizar para mitigar ese riesgo existente, y el líder del proyecto es el responsable porque esta sea solucionada en el momento adecuado.

Checklist de gestión de cambios

A. CHECKLIST PARA CAMBIOS DE PROCESOS, MATERIALES, EQUIPAMIENTOS Y OBRAS

OBSERVACIÓN:

Para los ítems en que la respuesta es "sí " a cualquiera de las preguntas de esta lista de verificación , se debe realizar punto B.

Debe ser llenado el requisito que no se cumple y las acciones necesarias para cumplir los riesgos del medio ambiente y la seguridad lavantados para llevar a cabo este proyecto.

Las acciones preventivas y correctivas deberían aplicarse como una solución para eliminar o mitigar el riesgo de situaciones creadas por los cambios generados por el proyecto .

1. Identificación del Proyecto, ampliación o alteración:

Nombre del proyecto: Optimización de proceso de secado de malta tipo Pilsen.	
Lider del proyecto: Diego Cabrera/Gustavo Esponda	Implementación del proyecto:
Responsable 1:	Fecha / plazo:
Responsable 2:	Lugar / Equipamento: Secadora Maltería 2
Tipo de Alteración: (cambio en el proceso, equipamientos o obra civil): Se agregan equipos con objetivo de aumentar productividad.	
Proveedor/empresa involucrada: Munters Brasil S.A.	
Descripción del proyecto: Instalación equipos desecantes para disminuir humedad absoluta del aire atmosférico con objetivo de disminuir tiempos de secado, aumentando productividad.	
Es alteración temporal? () Si (x) No	Si es temporaria, alteración expira: __ / __ / __

ITEMS RELEVANTES:

DEMÁS OBSERVACIONES:

2) Requisitos Legales / licencias / certificados:

<i>ITEMS A SER EVALUADES:</i>	SI	NO	NA
<i>El cambio es compatible con la licencia actual?</i>	X		
<i>Es necesario alguna licencia o permiso adicional?</i>		X	
<i>Los cambios afectan los requisitos legales?</i>		X	
<i>El resultado de los cambios precisa ser controlado o certificado por algun organo o departamento? (Visita necesaria antes de inicio de los cambios?)</i>		X	
<i>El resultado de los cambios precisa ser controlado o certificado enteramente? (Estudio necesario antes de inicio de los cambios?)</i>		X	

ITEMS RELEVANTES:

DEMAS OBSERVACIONES:

_____, ____ DE _____ DE _____

**LIDER O ESPECIALISTA
 DE PROYECTO**

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

3) SEGURIDAD:

ITEMS A SER EVALUADOS	SI	NO	NA
<i>Existe un análisis de riesgo del proveedor/empresa contratada?</i>		X	
<i>Existe un análisis de riesgo de la unidad para el proyecto?</i>		X	
<i>Medidas de control de seguridad serán necesarias? (Bloqueos de dispositivos de seguridad, remoción de barreras de protección o equipamientos de emergencia o señalización de seguridad).</i>	X		
<i>El proyecto o ampliación requiere equipamientos o procedimientos de seguridad adicionales?</i>	X		
<i>El proyecto o alteración requiere nuevos EPI's (Elemento de protección individuales) o EPI's adicionales?</i>		X	
<i>El proyecto requiere señalización de seguridad especial?</i>	X		
<i>El proyecto bloquea o dificulta la entrada de equipamientos? (Escaleras, plataformas, pozos, puntos de energía, puertas de acceso, riesgos de caídas, etc.)</i>	X		
<i>Tiene alteraciones con impacto sobre el plan de emergencias, equipamientos de primeros auxilios o protección contra incendios?</i>	X		
<i>Existen alteraciones relacionadas con lo que refiere a trabajos de alto riesgo : electricidad (alta tensión), espacios confinados, trabajo en altura, elevaciones con grua, etc?</i>	X		
<i>Tiene alteraciones con impacto en logística, lay-out de planta de tráfico de personal, manipulación de productos o almacenamiento? (trabajos con autoelevadores, carga y descarga mercadería, seguridad de peatones, etc).</i>	X		
<i>Las alteraciones necesitan de procedimientos de seguridad o lecciones de un punto a ser escritas o actualizadas?</i>	X		
<i>Las alteraciones requieren entrenamientos de seguridad?</i>	X		

ITEMS RELEVANTES:

Señalización de cañerías de agua caliente.

Será necesario crear procedimientos de seguridad en operación y mantenimiento de los equipos.

Modificar planes de emergencia y vías de circulación, de acuerdo a nuevo lay-out.

El proyecto interfiere el ingreso a la sala de motores de ventiladores e intercambiadores de calor de la secadora.

Serán necesarios movimientos con gruas al momento del montaje.

DEMÁS OBSERVACIONES:

_____, ____ DE _____ DE _____

**LIDER O ESPECIALISTA
DE PROYECTO**

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

4) Salud:

¿El proyecto tiene alteraciones que tienen impacto significativo sobre los siguientes aspectos de ambiente de trabajo?

<i>ITEMS A SER EVALUADOS:</i>	SI	NO	NA
<i>Ergonomia;</i>		X	
<i>Alteraciones del area y en el local de trabajo</i>		X	
<i>Ruido;</i>	X		
<i>Polvo;</i>		X	
<i>Vapores;</i>		X	
<i>Gases;</i>		X	
<i>Calor/vapor;</i>	X		
<i>Vibraciones;</i>		X	
<i>Iluminación;</i>	X		
<i>Olor;</i>		X	
<i>Productos tóxicos;</i>		X	

ITEMS RELEVANTES:

Solicitar al proveedor nivel de ruido emitido por el equipo.

Emisión de aire caliente en estado 100% saturado (solicitar datos al proveedor de los equipos).

La instalación de los equipos modifica la iluminación natural y artificial de la zona.

DEMÁS OBSERVACIONES:

_____, ____ DE _____ DE _____

**LIDER O ESPECIALISTA
 DE PROYECTO**

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

5) Ambiente de trabajo:

Tiene el proyecto impacto significativo sobre el consumo de:

<i>ITEMS A SEREM AVALIADES:</i>	SI	NO	NA
<i>Água</i>		X	
<i>Electricidad</i>	X		
<i>Calor</i>	X		
<i>Aire comprimido</i>		X	
<i>CO2</i>		X	
<i>Matérias-primas</i>		X	
<i>Aditivos</i>		X	
<i>Otros productos:</i> _____		X	

ITEMS RELEVANTES:

Aumento en el consumo de energía eléctrica y calorífica.

DEMÁS OBSERVACIONES:

_____, DE _____ DE _____

LIDER O ESPECIALISTA
DE PROYECTO

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

Existen cambios con impactos significativos sobre:

<i>ITEMS A SER EVALUADOS:</i>	SI	NO	NA
<i>Tiene el proyecto cualquier impacto en la producción de residuos o reciclaje?</i>		X	
<i>Tiene el proyecto cualquier impacto sobre la calidad/cantidad de subproductos?</i>		X	
<i>Tiene el proyecto cualquier impacto sobre emisiones de CO2?</i>		X	
<i>El proyecto genera alteraciones en las emisiones de gases o nuevos tipos de gases?</i>		X	
<i>Tiene el proyecto algún impacto en la emisión de olores? (impacto en los vecinos)?</i>		X	
<i>Tiene el proyecto algún impacto sobre el ruido? (impacto en los vecinos)</i>	X		
<i>El proyecto puede generar riesgos de contaminación de suelos?</i>		X	
<i>El proyecto puede generar riesgo en la contaminación de agua de suelo/superficie?</i>		X	
<i>El proyecto puede generar impacto sobre la calidad de las aguas residuales (efluentes)?</i>		X	
<i>El proyecto puede generar impacto sobre la cantidad de aguas residuales (efluentes)?</i>		X	
<i>El proyecto puede generar impacto sobre la capacidad de los drenajes o del sistema de alcantarillas?</i>		X	

ITEMS RELEVANTES:

Solicitar al proveedor nivel de ruido emitido por el equipo.

DEMÁS OBSERVACIONES:

_____, ____ DE _____ DE _____

LIDER O ESPECIALISTA
DE PROYECTO

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

6) Efectos en las personas

<i>ITEMS A SER EVALUADOS:</i>	SI	NO	NA
<i>El proyecto tiene impacto de medio ambiente y seguridad sobre las tareas de los funcionarios?</i>	X		
<i>El proyecto afecta cualquier procedimiento habitual de funcionamiento de los equipamientos?</i>		X	
<i>Es necesario formación específica de los funcionarios?</i>	X		

ITEMS RELEVANTES:

Será necesario crear procedimientos de seguridad en operación y mantenimiento de los equipos.

Capacitar al personal sobre funcionamiento y manejo de los equipos.

DEMÁS OBSERVACIONES:

_____, ____ DE _____ DE _____

LIDER O ESPECIALISTA
DE PROYECTO

RESPONSABLE MEDIO AMBIENTE

RESPONSABLE SEGURIDAD

B. PLANILLA DE ACOMPAÑAMIENTO PARA CAMBIOS DE PROCESO, MATERIALES O EQUIPAMIENTOS/OBRAS

Para cada ítem del checklist de arriba (Punto A), que tenga respuesta SI, es obligatoria la descripción de:

- Impacto del proyecto y/o evaluación de riesgos de medio ambiente e seguridad;
- Acciones preventivas, correctivas y soluciones alternativas temporarias para minimizar o bloquear los riesgos levantados.

Requisitos legales/licencias/certificados: describir el impacto y acciones necesarias para cumplir las conformidades legales del proyecto.

SEGURIDAD: Describir la evaluación de riesgo de medio ambiente y seguridad y las acciones preventivas, correctivas o soluciones alternativas para cumplir con los requisitos de seguridad exigidos:

- Señalización de cañerías de agua caliente.
- Será necesario crear procedimientos de seguridad en operación y mantenimiento de los equipos.
- Modificar planes de emergencia y vías de circulación, de acuerdo a nuevo lay-out.
- El proyecto interfiere el ingreso a la sala de motores de ventiladores e intercambiadores de calor de la secadora por lo que será necesario modificar planes de emergencia y vías de circulación, de acuerdo a nuevo lay-out.
- Serán necesarios movimientos con grúas al momento del montaje.

Salud: describir el impacto y acciones preventivas, correctivas o soluciones alternativas para cumplir los requisitos de salud exigidos:

- Solicitar al proveedor nivel de ruido emitido por el equipo cuando está en funcionamiento, para evaluar un posible aislamiento acústico.
- Los equipos liberan aire caliente en estado 100% saturado (solicitar datos al proveedor de los equipos de temperatura del aire liberado). Para considerar ductos para este aire caliente de salida.
- La instalación de los equipos modifica la iluminación natural y artificial de la zona, evaluar lugares a instalar nueva iluminación.

<p>Ambiente: cuantificar (mínimo, máximo, media, etc.) / calificar (naturaleza, características), o impacto y describir el análisis del aspecto o impacto ambiental, bien como las acciones preventivas, correctivas o soluciones alternativas necesarias.</p> <p>-Aumento en el consumo de energía eléctrica y calorífica, estos índices fueron calculados y son parte del análisis de viabilidad del proyecto.</p>	
<p>Personas Impactadas: Describir el impacto de medio ambiente y seguridad sobre las actividades o tareas de los empleados, así como las acciones necesarias o requisitos de entrenamientos a ser realizados.</p> <p>-Será necesario crear procedimientos de seguridad en operación y mantenimiento de los equipos.</p> <p>-Capacitar al personal sobre funcionamiento y manejo de los equipos.</p>	
<p>Validación de las medidas preventivas y correctivas por el área de medio ambiente y seguridad:</p>	
<p><i>Responsable por el proyecto:</i> <i>Fecha y firma:</i></p>	<p><i>Responsable de medio ambiente y seguridad: Fecha y firma:</i></p>
<p>Validación de medio ambiente y seguridad después de la implementación de las acciones para inicio del proyecto:</p>	
<p><i>Responsable por el proyecto:</i> <i>Fecha y firma:</i></p>	<p><i>Responsable de medio ambiente y seguridad: Fecha y firma:</i></p>

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE NUEVOS PROYECTOS Y PROCESOS

Nombre Proyecto: Equipos desecantes solidos Munters

Dueño corporativo de medio ambiente:
 Gerente de Medio Ambiente de la Unidad: Guillermo Favre
 Líder del Proyecto : Diego Cabrera
 Alcance del proyecto:

Mejorar eficiencia de ciclo de secado de malta, utilizando equipos para disminuir la humedad absoluta del aire ambiente, de esta manera disminuyendo los ciclos de secado (aumento producción).

Describir si habrá aumento de capacidad de producción, de area construida o de generación de residuos (sólidos, líquidos o gaseosos).

El llenado de este cuadro es responsabilidad del gerente de medio ambiente en conjunto con el lider del proyecto y o el dueño del proyecto en la unidad. Deberá haber firma de todos los involucrados en el final de esta evaluación.

1.1 - Regularización legal

1.1.1 - Será necesario licencia previa (LP) y o de instalación (LI)?

Justificativa :

1.1.2 - Será necesaria licencia de operación (LO)?

Justificativa :

1.2 - Tratamiento de Efluentes: Adecuación de Instalaciones

1.2.1 - Habrá variación de generación de efluentes líquidos?

Si es "Si":	Generación actual de efluentes:	<input type="text"/>	m3/día
		<input type="text"/>	kg DQO/día
	Variación en la generación de efluentes (indicar reducción con numero	<input type="text"/>	m3/día
		<input type="text"/>	kg DQO/día
	Capacidad actual da ETEI:	<input type="text"/>	m3/día
		<input type="text"/>	kg DQO/día

ETEI: Estación tratamiento efluentes industriales

1.2.2 - Conclusión: ETEI cumple con los requerimientos del proyecto?

Si es "No", describir aquí el plan de acción, incluyendo costos asociados del proyecto.

1.2.3 - El emisario de efluentes cumple con la nueva demanda?

1.2.4 - Descartes asociados con el nuevo proyecto serán hechos a través de tanques secuestrantes?

Si es "Si", cual o cuales tanques secuestrantes?:

Si es "No", describir aquí plan de acción, incluyendo los costos asociados.

El unico descarte a considerar es el agua retirada del aire, el cual sale en modo de aire 100% saturado, expedido al ambiente.

1.2.5 - La conseción para el vertido de efluentes cumple con la nueva condición de vertido?

Si es "No", Comentar:

1.3 - Controles operacionales:		Será elaborado Nuevo padrón (Necesarios para minimizar los impactos amb)
1.3.1 - Revisión de análisis de riesgo (LAIA) - en las situaciones normal, anormal y de riesgo para nuevas instalaciones. Especificar principales aspectos y controles operacionales establecidos		
Situación Normal: Equipamiento o actividad en operación para la cual fue diseñado.	- Emisión de aire 100% saturado con temperatura - Consumo energía calorífica (leña en caldera) - Consumo energía eléctrica (motores de ventiladores de regeneración y de aire de proceso equipos Munters)	
Situación Anormal: Equipamiento o actividad fuera de operación para la actividad para la que fue diseñado (paradas, mantenimiento, reformas, limpieza, asepsia).	- Descarte de agua del circuito de agua caliente (agua tratada) - Emisión de vapor - Perdida de aceite de motoreductores	
Situación Riesgo: Se considera como una situación de riesgo, aquella no programada, con potencial de generar daños al medio ambiente.	- Perdida de vapor del circuito de agua caliente. - Derrame de aceite	
1.4 - Consumo de Agua: Captación, Tratamiento y disponibilidad		
1.4.1 - Tubería de agua del sistema cumple con la nueva demanda ?		<input type="text" value="Si"/>
1.4.2 - Los permisos actuales para consumo de agua cumplen con la nueva demanda?		<input type="text" value="Si"/>
1.4.3 - Existen limitaciones en los caudales de captación de agua del río/ pozos subterráneos/proveedora de agua?		<input type="text" value="No"/>
Si es "Si", Comentar / Describir :	<input type="text"/>	
1.4.4 - Las instalaciones de pozos, captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua demandan ampliación para cumplir con lo requerido por el nuevo proyecto?		
Si es "Si", Comentar / Describir :	<input type="text"/>	
1.4.5 - Son necesarias nuevas instalaciones para reaprovechamiento de agua con objetivos de disminuir índices de consumo de agua ?		<input type="text" value="No"/>
Si es "Si" especificar presupuesto e impacto esperado en índice de consumo de agua	<input type="text"/>	
1.5 - Gerenciamento de Subproductos		
1.5.1 - El proyecto genera algún subproducto o residuo nuevo?		<input type="text" value="No"/>
Si es "Si", Comentar / Describir :	<input type="text"/>	
1.5.2 - La capacidad actual de procesamiento de subproductos cumple con los requerimientos del nuevo proyecto?		<input type="text" value="Si"/>
Si es "No", describir en Plan de acción, incluyendo los costos asociados.	<input type="text"/>	
1.6 - Emisiones atmosféricas		
1.6.1 - El proyecto altera los parámetros de lanzamiento de las emisiones atmosféricas?		<input type="text" value="No"/>
Si es "Si", Comentar / Describir :	Las unicas emisiones atmosféricas del proyecto es aire 100% humedo, evaluar temperatura del mismo.	
1.6.2 - Los equipamientos de control ambiental existentes son adecuados para las nuevas condiciones?		<input type="text" value="Si"/>
Si es "No", describir en Plan de acción, incluyendo los costos asociados.	<input type="text"/>	
1.7 - Gente		
1.7.1 - Es necesario entrenamiento de medio ambiente para funcionarios propios?		<input type="text" value="No"/>
Si es "Si", Comentar / Describir alcance y responsabilidades	<input type="text"/>	
	(Considerar nuevos funcionarios o nuevas actividades de los actuales funcionarios)	
1.7.2 - Es necesario entrenamiento de medio ambiente para colaboradores terceros?		<input type="text" value="Si"/>
Si es "Si", Comentar / Describir alcance y responsabilidades	Empresas externas serían las responsables por la instalación y puesta en marcha del equipo.	
	(Considerar actividades en el proyecto y nuevas actividades)	

1.8 - Instalaciones de contención y control ambiental

Las instalaciones existentes son suficientes para minimizar los riesgos ambientales que serán generados en el proyecto?

Si es "No", describir en Plan de acción, incluyendo los costos asociados.

(Evaluar si habrá utilización y almacenamiento de nuevos productos químicos, necesidad de bacias de contención, alteraciones en las redes y drenajes pluviales e Industriales, utilización de nuevos materiales)

1.9 - Riesgos ambientales

El proyecto aumenta el riesgo ambiental (interno o externo)?

Si es "Si", comentar/describir plan para mitigación de riesgos generados

(Evaluar con base en el levantamiento de los aspectos ambientales y evaluación de los impactos asociados)

Lugar y fecha: _____ / ____ / ____

Nombre y Firma
Gerente de Medio Ambiente

Nombre y Firma
Líder del proyecto

Nombre y Firma
Dueño del proyecto

Luego de completado el check list es necesario dejar evidencia de las acciones a ser tomadas para mitigar posibles riesgos ambientales.

Las mismas quedan en un formato “plan de acción”:

Tópico	Ação	Como	Responsável
Descartes asociados	Verificar con proveedor de equipos temperatura del aire de salida de regeneración para tener en cuenta en proyecto.		D. Cabrera
Entrenamientos de seguridad	Entrenar personas involucradas con el proyecto, en instalación, puesta en marcha y en operación en los riesgos de seguridad asociados al proyecto		Cabrera
Controles operacionales	Solicar fabricantes de equipos manuales operativos del mismo.		D. Cabrera
Gente	Coordinar entrenamientos de medio ambiente para personal tercero a cargo de realizar instalación y puesta en marcha de los equipos.		D. Cabrera

Conclusiones finales

Conclusiones referentes al proceso

Al estudiar el proceso y sus variables, se obtuvo el valor de humedad absoluta del aire ambiente necesario para producir un secado en 20 horas y con una materia prima (malta) con un contenido de humedad, al comienzo del proceso de secado, de entre 44,46 y 46,74% es de 7,6gr/Kg. La humedad absoluta del aire ambiente resulto ser una variable importante dentro del proceso. La empresa históricamente registraba valores de temperatura de bulbo seco y humedad relativa, siendo que estos no aplican conocimiento directo de la capacidad de secado del aire, el cual si lo otorga registrar el valor de humedad absoluta del aire ambiente. La empresa actualmente comenzó a registrar el valor de humedad absoluta del aire ambiente para cada secado lo que le permite estimar una duración o detectar si ocurre alguna anomalía en dicho proceso.

Conclusiones relacionadas al medio ambiente y a Seguridad e Higiene Industrial.

La instalación de los equipos no acarrea ningún riesgo de contaminación tanto para el suelo como para el aire.

Estimamos que la principal contaminación a tener en cuenta es el ruido producido y del cual desconocemos su magnitud dado que el fabricante de los equipos no proporcionó ese dato. También tenemos un cambio en lo que refiere a la iluminación natural y artificial del lugar destinado a la colocación de los equipos y un impacto visual que es ocasionado por la presencia de los mismos en el lugar.

Estos impactos se resolverían con un estudio y desarrollo de un nuevo layout donde se establezcan nuevos senderos de circulación, accesos a edificios y salas de máquinas, salidas de emergencias y reformulación de planes de evacuación en caso de emergencias.

En cuanto a Seguridad e Higiene Industrial se deberán desarrollar nuevos procedimientos para el uso de los elementos de protección personal tanto para los operarios diarios como para el personal de mantenimiento cuando haya que realizar alguna tarea en los equipos acompañado de una debida capacitación del personal, también se deberá colocar cartelera indicando los riesgos en el sector.

Conclusiones financieras

Según los datos de dimensionamiento otorgados por el proveedor estos equipos son capaces de disminuir la humedad absoluta por debajo de lo necesario lo que nos permitiría lograr ciclos de secados menores a 20 horas.

El proceso de secado no puede ser realizado con ciclos menores a 20 horas, dado que esto generaría un cuello de botella en el proceso de germinación, el cual no puede ser menor de 96 horas por requerimientos de calidad.

El margen de ganancia económica del proyecto está directamente vinculado con el ciclo de secado, cuanto menor sea el ciclo de secado, mayor la producción obtenida, por lo tanto mayor ganancia económica.

El análisis económico del proyecto fue realizado considerando un ciclo de secado de 20 horas de duración, que es el mínimo tiempo que nos permite la instalación en la actualidad, el mismo arrojó resultados negativos de ganancias financieras, concluyendo que el proyecto de inversión es inviable bajo estas condiciones.

Se hicieron simulaciones de ciclos de secado con menores tiempos de duración y se obtuvo como resultado una mejora en las ganancias económicas del proceso hasta llegar a valores que vuelven viable el proyecto de inversión, pero en estas situaciones no cumpliríamos con los requisitos de calidad debido a la falta de horas de germinación.

Por lo tanto se debería de evaluar, en conjunto, las alternativas existentes para disminuir horas en el proceso de germinación.

Otra opción que podría hacer viable el proyecto sería disminuir la cantidad de equipos desecantes, a utilizar en el proyecto, lo que haría disminuir la inversión inicial del mismo pero sería importante evaluar los costos operativos de tener menos equipos funcionando dado que los mismos trabajarían a mayor demanda que lo analizado en este proyecto.

El proveedor para dimensionar los equipos desecantes tuvo en cuenta el caudal de aire total necesario que hoy utiliza el proceso y esto lo hace recomendar la utilización de 10 equipos, lo que conlleva a una humedad absoluta obtenida mucho menor a la necesaria. Estos valores fueron replanteados al proveedor, sin obtener respuesta al momento. Podría evaluarse o recalcular la cantidad necesaria de equipos, mezclando aire "seco" con aire ambiente, de manera de lograr una mezcla de aire con las condiciones necesarias de humedad absoluta (7,6 gr/Kg) haciendo que esta sea la variable para el dimensionamiento de los equipos.

Bibliografía

Sitios web

- Calculadora psicométrica on line
http://go.vaisala.com/humiditycalculator/vaisala_humidity_calculator.html
- American Association of Cost Engineering
<http://www.aacei.org/>
- Estadísticas meteorológicas,
<http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/estadisticasClimatologicas>

Libros

- Malting Technology, *Manual of Good Practice*, European Brewery Convention
- *Fundamentos de termodinámica técnica* – Morán Shapiro
- *Manual del ingeniero químico* – Perry -7ma edición.

Base de datos

- Base de datos histórico proceso secado de Maltería Cympay S.A.

Normas

- Norma ANSI standard Z94.2.1989 Industrial Engineering, *Terminology: Cost Engineering*.

Contenido

Anexo 1 – Presentación Munters – visita a planta industrial Diciembre 2014	2
Anexo 2 – Presupuestos equipos – Diciembre 2014	12
Anexo 3 - Base de datos de ciclos de secado	16
Anexo 4- Cálculo de H. absoluta y Tn/Hr	17
Anexo 5 – Hojas de cálculo definición productividad año.....	18
Anexo 6 - Tabla A 22 – Propiedades de gas ideal para el aire - Libro Fundamentos de termodinámica técnica – Moran Shapiro.....	20
Anexo 7 - Tabla A 2 – Propiedades del agua saturada (liquido-vapor): Tabla de temperaturas Libro Fundamentos de termodinámica técnica – Morán Shapiro	22
Anexo 8 - AACE Cost estimate classification system	24
Anexo 9 – Información técnica equipos Munsters	32

Anexo 1 – Presentación Munters – visita a planta industrial Diciembre 2014



La historia

- Inventor sueco (más de 1000 patentes), Carl Munters fue precursor de los sistemas de Deshumidificación con desecante y enfriamiento evaporativo. Fundó Munters en 1955








3

Munters Today

- 2.200 funcionarios en más de 30 países
- Facturación anual 1B (USD)
- Headquarter: Sweden
- Fundada en el año 1955
- Propietaria: Nordic Capital Fund VII desde Nov. 2010

4

Munters Today

	Confort Personas	Crear las condiciones perfectas en espacios interiores a través del control de humedad y temperatura
	Tratamiento de aire en procesos Industriales	Manejo de aire con sistemas eficientes y mantenimiento de la humedad en procesos industriales con alto nivel de control
	AgHort	Soluciones en tratamiento de aire en la agricultura y pecuaria
	Mist Elimination	Eliminadores de arrastre en procesos industriales
	Humidificación Industrial y enfriamiento	Soluciones con enfriamiento evaporativo

5

Some of our customers:



Productos



7



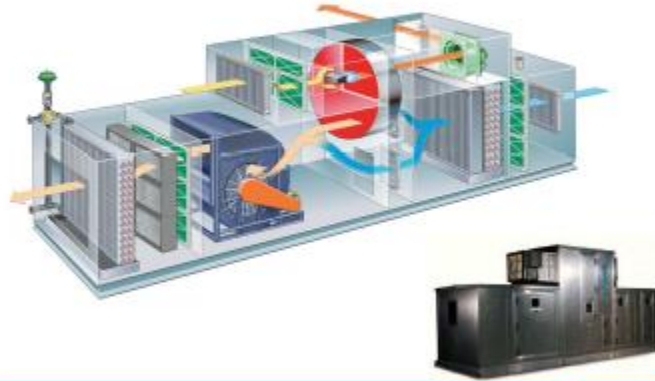
Productos



8



Productos



Productos



Productos



Productos



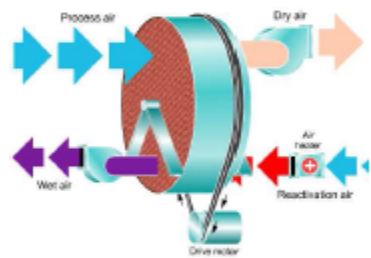
Productos



La rueda desecante

CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECANTES

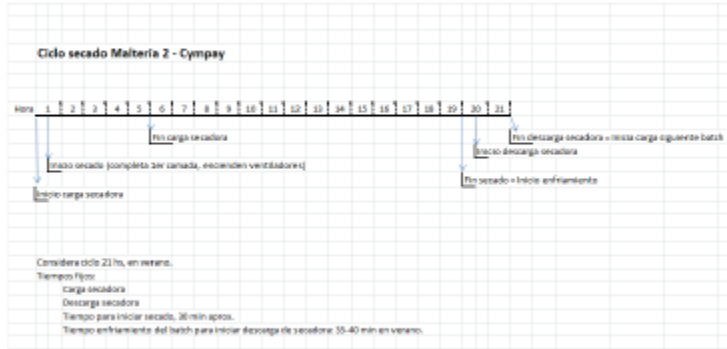
- Material muy higroscópico que tiene la propiedad de atraer y retener gran cantidad de vapor de agua del aire en relación al propio peso seco
- Cuando calentado, libera con facilidad el agua retenida, tornando al estado original.



PAYSANDÚ, UY – Datos del Proyecto

- Temperatura de agua caliente o vapor - 158 a 165 °C
- Temperatura del aire a la salida de los radiadores - Las primeras 12 hs promedio 60 °C, luego sube, la última hora llega a 80 °C.
- Temperatura máxima en el producto - Las primeras 12 hs se mantiene a 35 °C, luego sube hasta 75 °C.
- Caudal de aire - Tiene 2 ventiladores de 500.000 m3/h nominales, reales deben ser 350.000 m3/h cada uno.
- Humedad del producto antes del secado - 48 %
- Humedad del producto después del secado - 5 %
- Tiempo de secado máximo en el verano - 21 horas 30 minutos
- Tiempo de secado mínimo en el invierno - 19 horas 30 minutos
- Cantidad de producto húmedo (toneladas) por batch - 265 ton
- Cantidad de producto seco (toneladas) por batch - 220 ton
- KW de los radiadores (opcional) - 5.250 cada uno

PAYSANDÚ, UY – SECADO de MALTA



PAYSANDÚ, UY – Datos Climáticos (Bin Hour)

MidPoint	Hours	DB	WB	W	DP	HR
21.5	3	32.0	27.3	21.36	25.7	70.5%
20.5	6	31.8	26.7	20.41	25.0	68.2%
19.5	25	29.7	25.6	19.39	24.2	73.1%
18.5	55	27.8	24.5	18.35	23.3	77.0%
17.5	88	26.5	23.6	17.49	23.5	79.4%
16.5	148	25.9	22.8	16.69	23.6	77.8%
15.5	270	24.6	21.7	15.64	23.5	79.1%
14.5	459	23.7	20.7	14.45	23.5	78.2%
13.5	525	23.3	19.9	13.48	23.4	74.0%
12.5	657	22.8	19.0	12.46	23.2	71.2%
11.5	799	22.1	18.0	11.48	22.9	68.0%
10.5	899	20.9	16.8	10.53	24.6	67.4%
9.5	946	18.9	15.2	9.51	23.0	69.2%
8.5	916	16.6	13.5	8.49	21.3	71.7%
7.5	815	15.0	11.9	7.55	9.6	69.9%
6.5	860	12.9	9.9	6.50	7.4	69.7%
5.5	617	10.1	7.6	5.50	5.0	71.4%
4.5	447	7.9	5.3	4.55	2.3	67.2%
3.5	193	6.6	3.4	3.62	-0.7	57.8%
2.5	32	6.6	2.3	2.76	-3.9	41.3%
8790						

PAYSANDÚ, UY – CLIMA (concepto de Bin Hour)

n°	data	mês	hora	temp	ur	w
1	1-jan	January	0	20.9	50%	14.04
2	1-jan	January	1	20.9	51%	14.20
3	1-jan	January	2	20.6	50%	14.09
4	1-jan	January	3	20.0	54%	13.87
5	1-jan	January	4	19.3	56%	13.55
6	1-jan	January	5	18.7	56%	13.32
7	1-jan	January	6	19.2	56%	13.75
8	1-jan	January	7	23.6	63%	15.29
9	1-jan	January	8	25.3	69%	14.48
10	1-jan	January	9	28.0	64%	16.71
11	1-jan	January	10	29.6	57%	14.95
12	1-jan	January	11	30.6	53%	14.71
13	1-jan	January	12	31.0	51%	14.68
14	1-jan	January	13	31.0	48%	13.61
15	1-jan	January	14	32.0	49%	14.73
16	1-jan	January	15	32.2	44%	13.35
17	1-jan	January	16	31.0	52%	14.77
18	1-jan	January	17	31.0	53%	15.06
19	1-jan	January	18	30.0	60%	16.86
20	1-jan	January	19	27.3	63%	14.88
21	1-jan	January	20	25.2	61%	13.88
22	1-jan	January	21	25.8	66%	13.84
23	1-jan	January	22	24.8	73%	14.43
24	1-jan	January	23	25.0	71%	14.20
25	2-jan	January	0	25.0	78%	15.64
26	2-jan	January	1	24.7	77%	15.35
27	2-jan	January	2	23.4	65%	15.49

rango 16 – 15 g/kg

$23.6 + 28.0 + 31.0 + 30.0 + 25.0 + 24.7 + 23.4$

7

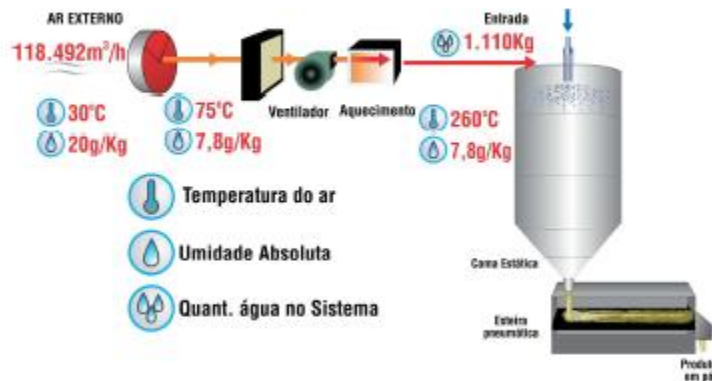
= 26,5°C

7horas: 15,5 g/kg (26,5°C)

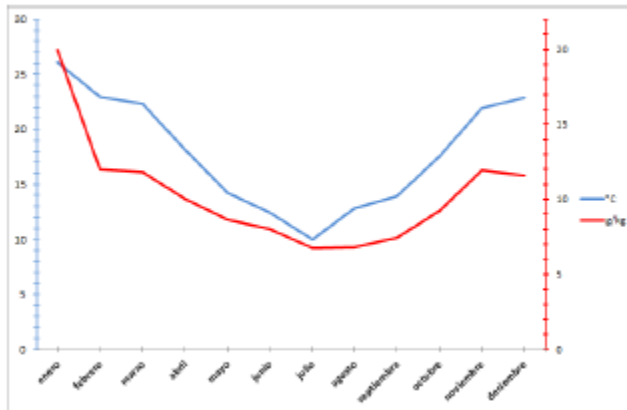
Londrina, PR, Br: SECADO DE CAFE EN POLVO SIN DESHUMIDIFICADOR



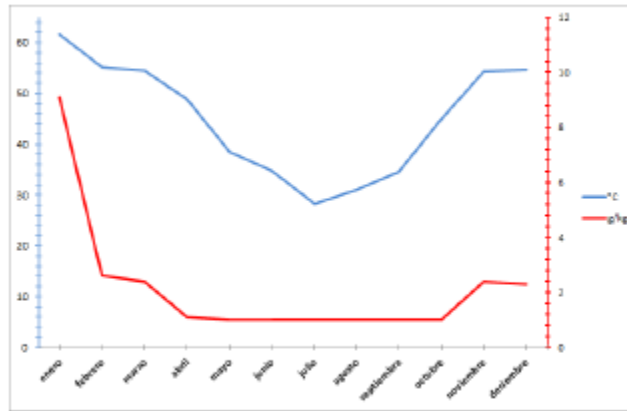
Londrina, PR, Br: SECADO DE CAFE EN POLVO CON DESHUMIDIFICADOR



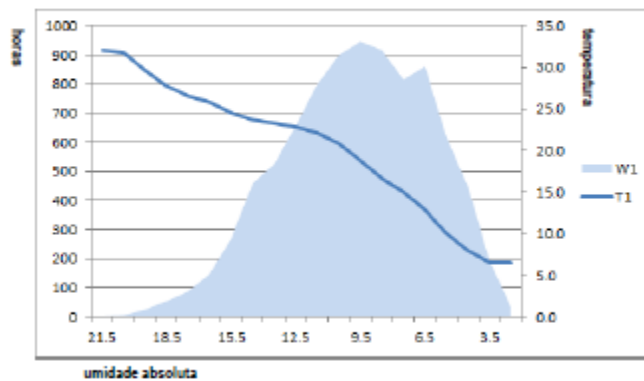
PAYSANDÚ, UY – CLIMA



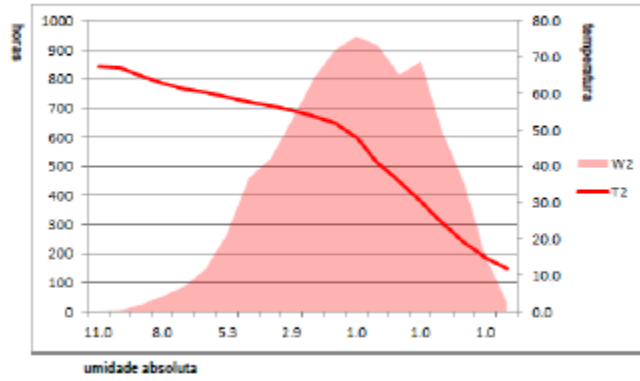
PAYSANDÚ, UY – CLIMA (modificado)



PAYSANDÚ, UY – CLIMA



PAYSANDÚ, UY – CLIMA



24



25



26





27

Munters

Beneficios de la Aplicación

Efectos de la regulación de la humedad del aire exterior

- *Producción más consistente
- *Reducción del tiempo de secado por batch
- *Consecuente reducción de costos
- *Incremento de productividad—y de ganancias— debido a una reducción del 20% en el tiempo de secado en el verano
- *Mayores tasas de producción en todas las temperaturas

28

Munters

Anexo 2 – Presupuestos equipos – Diciembre 2014



1/4

Q. NO: 15DHQ.ML.008

by: Murilo Leite

Mar. 04, 2015

This Quotation Issued to:
AMBEV – Malteria Cympay

Mr. Diego Cabrera
cabrerad@ambe.com.uy

Munters Brasil is pleased to offer the following proposal:

10 (ten) Desiccants Dehumidifiers Systems, Model ICA-3500, are proposed per the following design criteria and specifications:

- ICA-3500 Desiccant Dehumidifier operating at 70.000 m³/h (each) supply air to provide moisture control. This unit is complete with desiccant wheel drive, desiccant rotor, steam reactivation, filters, supply fan and reactivation fan.

1. ICA Overview

ICA is a device that extends to other equipment, in order to Cargocaire® Munters Dehumidifier complement the treatment of dehumidifier air, and ensures conditions of appropriate moisture to the process proper functioning.

The equipment is complementary to households dehumidifier in the form of functional modules, in quantities and types determined by the process requirements.

The dehumidifier Cargocaire® Munters has as main element monolithic rotary drum with the format of beehive, consisting of blades corrugates of inert material, non-metallic, non-corrosive, substance impregnated with a great capacity to adsorb to a solid desiccant means not granular, which retains on its surface, water in the steam phase. The structure corrugate channels uniform manner parallel to the axis of the cylinder, allowing the flow of the current of air in laminar flow, in order to provide the maximum retention of water with minimal loss of cargo. The wheel rotates slowly, between two currents of air in opposing directions: on the one hand, a stream of moist air being dried by passing through the channels, called the air of process, and the other, the flow of heated air previously, which passes through the channels of the industry reactivation of the drum, removing the moisture retained by the desiccant, called for reactivation of air. The parties reactivated the drum come again in the sector of air process, giving continuity to the same drying. The air used to reactivation of the wheel is taken and discarded external environment in the process of drying.

1.1. ICA General Engineering Specifications

INTERNAL MICROPROCESSOR CONTROL

The internal functions of the ICA are controlled by a microprocessor that is capable of communicating with a building management system (BMS) through Modbus-RTU protocol. The microprocessor monitors internal pressures, temperatures and humidity as well as outside temperature and dew point and optionally space temperature and dew point. It sequences internal components to stage dehumidification function and damper operation. It monitors wheel rotation, airflow, and component faults. It controls analog functions to provide correct airflows for reactivation and supply air.

Munters Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Fábrica | Escritório Comercial PR
R. Ladislau Gemberoski, 567B
83707-000 Araucária Paraná Brasil
Tel: +55 41 33175050 Fax: +55 41 33175080

Escritório Comercial SP
Alameda Inaé, 620 cj 04
04075-000 São Paulo Capital Brasil
Tel: +55 11 50540150 Fax: +55 11 50540883

munters@munters.com.br | munters.com.br



Q. NO: 15DHQ.ML.008

by: Murilo Leite

Mar. 04, 2015

STEAM HEATING COIL

All steam coils are steam distribution non-freeze type constructed of heavy wall copper headers, copper condensing tubes and aluminum fins. Distributing tubes are a minimum of 3/8 inch outside diameter with orifices to discharge steam to condensing tubes. Tube holes in casing and tube support sheets are over sized to allow for free thermal expansion of tubes. Coils are suitable for 100 psig steam working pressure. Valves not included.

FANS

Fans provide the specified air volume(s) through the system with adequate static pressure to overcome duct and distribution losses specified. Supply and reactivation fan motors shall be the totally-enclosed fan-cooled (TEFC), high-efficiency type with a minimum of Class F insulation.

COARSE FILTERS

The unit include disposable filters with 25% to 30% minimum efficiency with 90% to 92% arrestance minimum as rated by ASHRAE Test Standard 52-76. The filters are removable at the inlet of both supply and reactivation air streams. These filters are mounted on sliding or lift racks and accessible through access or doors. The entire supply and reactivation air stream is filtered.

UNIT STRUCTURE

The unit casing shall be constructed using a double wall, no through metal panels. This includes walls, floors, ceiling and base. Adjacent panels to be fastened to one another using an industrial cam lock system. To avoid condensation, heat loss or loss of cooling capacity, each panel shall be 2.5 inches thick and constructed such that there are no through metal connections between the exterior surface and the interior surface. The interior and exterior casing shall be 22-gauge corrosion resistant galvalume. Panels shall be foam injected into individual panels with a density of 2-1/2 lb/ft³. Access doors or plug panel doors will be provided as indicated on the drawings. Doors shall be rigid double wall construction with thermal break and shall use heavy-duty hinges with a minimum of two lockable latches on each door.

1.2. General Information**PERFORMANCE AT DESIGN** (all values are per unit and preliminaries)

ICA Model	ICA-3500	
Preliminary Dimensions	see drawing attached	
ICA nominal supply air	70.000 m ³ /h	
Inlet Conditions (A)	Dry Bulb	28,3 °C
	Relativity Humidity	74,3%
	W	18,2 g/kg
ICA Performance at design (D)	Dry Bulb	63,0 °C
	Relativity Humidity	5,0%
	W	8,0 g/kg
Electrical	380V / 50Hz	

Munters Brasil Indústria e Comércio Ltda.

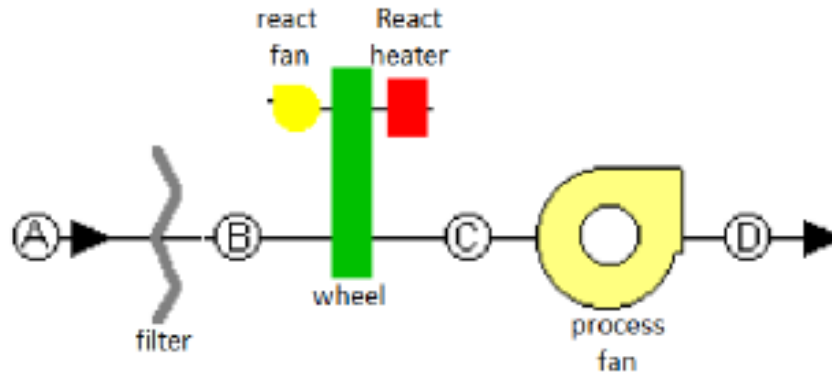
Fábrica | Escritório Comercial PR
R. Ladislau Gembowski, 5879
83707-000 Araucária Paraná Brasil
Tel: +55 41 33175050 Fax: +55 41 33175080

Escritório Comercial SP
Alameda Inaé, 820 cj 04
04075-000 São Paulo Capital Brasil
Tel: +55 11 50540150 Fax: +55 11 50540883

munters@br.munters.com.br | munters.com.br



1.3. Diagram Flow



2. Prices

Model	Quantity	Price/un	Total Price
ICA-3500	10	USD 292.720,00	USD 2.927.200,00

NOTES:

- Payments are requested on this order per the following schedule: 40% down with order + 60% advanced shipment notification
- Shipment: to be defined
- EXW Factory Araucaria Brazil
- Startup included
- Quotation validity: 30 days

3. Scope Exclusions

- All utilities such as electrical power, steam, piping and all valves;
- All installation services such as ducting, electrical, hydraulic etc.
- Executive design
- Installation supervision
- Any other not specifically described at the scope description

4. Munters Basic Product Warranty

Munters warrants all its equipment to be free from defects in workmanship and material under normal usage for a period of 12 months from date of original shipment. Munters will repair or replace, at its option, any such equipment determined to be defective during this one-year period. The Basic Product Warranty is a 'Parts Only' warranty. Munters shall ship parts or products (equipment) repaired or

Munters Brasil Indústria e Comércio Ltda.	
Fábrica Escritório Comercial PR R. Ladislau Gemberoski, 567B 83707-000 Araucária Paraná Brasil Tel: +55 41 33175050 Fax: +55 41 33175080	Escritório Comercial SP Alameda Iraá, 820 cj 94 04075-000 São Paulo Capital Brasil Tel: +55 11 50540150 Fax: +55 11 50540883
munters@munters.com.br munters.com.br	



Q. NO: 15DHQ.ML.008

by: Murilo Leite

Mar. 04, 2015

replaced under this warranty to the customer F.O.B. factory. Method of shipment shall be standard ground transportation at Munters' expense. Munters shall not bear the cost of expedited delivery.

MUNTERS BRASIL IND E COM LTDA.


Murilo Leite
(41) 96300518
murilo.leite@munters.com

Munters Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Fábrica Escritório Comercial PR R. Ladislau Gamberoski, 567B 83707-000 Araucária Paraná Brasil Tel: +55 41 33175050 Fax: +55 41 33175080	Escritório Comercial SP Alameda Iraí, 620 cj 04 04075-000 São Paulo Capital Brasil Tel: +55 11 50540150 Fax: +55 11 50540883
---	---

munters.com.br | munters.com.br

Preparó: Cabrera, Diego
Esponda, Gustavo

Revisó: Ing. Diaz Abal, Alberto

Anexo 3 - Base de datos de ciclos de secado

A modo de ejemplo se muestra solo unos días, se dispone de histórico completo de varios años.

Inhr con (sin falla)		Germinatio	Nro Fertilizaci3n (SAF)	Varietad	Origen	Kilos cebada	Ton malla	Programado	Real	Programa ajustado				Tempo ciclo						
inhr con (sin falla)	Germinatio	Nro Fertilizaci3n (SAF)	Varietad	Origen	Kilos cebada	Ton malla	Carga de Estufa	Inicio Carga Estufa	Fin Carga Estufa	Fin Descarga Estufa	Cargado estufa	Df	Plan	Embutido de ventilador	Primer disparo (fin de presurizaci3n)	Cuarto disparo	Fin de curado	Fin de secado (apagado ver)	Inicio de secado (apagado ver)	Tempo ciclo
10,21	10,50	2	841	Sebastian	PS 12	260000	244987	01/04/04:00	01/04/09:15	02/04/04:00	31/03/22:04	00:00	20:30	01/04/05:34	01/04/21:06	02/04/00:45	02/04/01:40	02/04/02:35	02/04/02:35	24:00
10,47	10,63	11	1041	Scarlet	Pampa	256500	225032	02/04/00:30	02/04/09:35	03/04/01:30	01/04/18:34	03:30	20:30	02/04/04:51	02/04/19:34	02/04/22:16	02/04/23:11	02/04/23:48	02/04/23:48	21:30
10,94	11,30	789	721	Scarlet	Pampa	256500	226948	02/04/21:00	03/04/07:20	03/04/22:15	02/04/15:04	04:30	20:30	03/04/03:00	03/04/16:04	03/04/19:07	03/04/20:02	03/04/20:41	03/04/20:41	20:45
11,55	11,55	1	842	Conchita	PS 14	262000	217445	03/04/17:30	04/04/02:10	04/04/17:05	03/04/11:34	04:45	20:30	03/04/22:49	04/04/10:58	04/04/13:50	04/04/14:45	04/04/15:35	04/04/15:35	18:50
10,34	10,34	10	1042	Quench	PS 08	256500	222285	04/04/14:00	04/04/21:00	05/04/14:35	04/04/08:04	03:05	20:30	04/04/17:39	05/04/06:00	05/04/11:22	05/04/12:17	05/04/13:05	05/04/13:05	21:30
9,55	9,55	2	843	Sebastian	PS 13	260000	234387	05/04/10:30	05/04/19:30	06/04/15:08	05/04/04:34	04:05	20:30	05/04/15:15	06/04/08:23	06/04/11:50	06/04/12:45	06/04/13:29	06/04/13:29	24:33
9,83	9,83	11	1043	Scarlet	Pampa	256500	219864	06/04/07:00	06/04/18:55	07/04/13:30	06/04/01:04	08:08	20:30	06/04/15:08	07/04/07:00	07/04/10:19	07/04/10:19	07/04/11:14	07/04/12:00	22:22
10,78	10,78	789	722	Scarlet	Pampa	256500	224484	07/04/03:30	07/04/21:30	08/04/10:20	06/04/21:54	10:00	20:30	07/04/14:17	08/04/04:20	08/04/07:06	08/04/08:00	08/04/08:40	08/04/08:40	20:50
10,43	10,43	1	844	Conchita	PS 14	256500	215828	08/04/00:00	08/04/14:30	09/04/07:00	07/04/18:04	10:20	20:30	08/04/11:00	09/04/01:00	09/04/03:50	09/04/04:45	09/04/05:30	09/04/05:30	20:40
9,76	11,22	10	1044	Scarlet	Pampa	256500	224480	08/04/20:30	09/04/13:05	10/04/06:00	08/04/14:34	10:30	20:30	09/04/08:30	09/04/22:44	10/04/01:50	10/04/02:45	10/04/03:20	10/04/04:40	23:00
11,32	11,32	2	845	Sebastian	PS 12	258570	243303	09/04/17:00	10/04/10:15	11/04/03:30	09/04/11:04	13:00	20:30	10/04/06:38	10/04/20:38	11/04/00:18	11/04/01:13	11/04/01:50	11/04/01:50	21:30
10,57	10,57	11	1045	Scarlet	Pampa	256500	224640	10/04/13:30	11/04/08:30	12/04/00:45	10/04/07:34	14:00	20:30	11/04/04:06	11/04/18:46	11/04/21:49	11/04/22:45	11/04/23:15	11/04/23:15	21:15
10,06	10,18	789	723	Scarlet	PS 04	256500	222251	11/04/10:00	12/04/08:30	12/04/22:50	11/04/04:04	14:45	20:30	12/04/01:24	12/04/15:59	12/04/19:21	12/04/20:16	12/04/20:49	12/04/20:49	22:05
11,30	11,59	1	846	Conchita	PS 14	260500	224140	12/04/06:30	13/04/03:45	13/04/18:40	12/04/00:34	16:20	20:30	13/04/00:00	13/04/16:34	13/04/17:15	13/04/16:34	13/04/17:15	13/04/17:15	19:50
11,12	11,31	10	1046	Scarlet	PS 04	256500	221538	13/04/03:00	13/04/23:25	14/04/14:35	12/04/21:04	15:40	20:30	13/04/19:35	14/04/07:58	14/04/11:36	14/04/12:31	14/04/13:05	14/04/13:05	19:55
10,70	10,91	2	847	Buoke	PS 16	260500	236369	13/04/23:30	14/04/14:35	15/04/12:40	13/04/17:34	15:05	20:30	14/04/15:30	15/04/06:06	15/04/08:21	15/04/10:16	15/04/10:50	15/04/10:50	22:05
10,10	10,83	11	1047	M 936	PS 01	256500	223838	14/04/20:00	15/04/18:00	16/04/10:50	14/04/14:04	16:40	20:30	15/04/13:15	16/04/04:17	16/04/07:48	16/04/08:43	16/04/08:15	16/04/10:50	22:10
10,71	10,76	789	724	M 936	PS 01	256500	225869	15/04/16:30	16/04/15:45	17/04/07:55	15/04/10:34	18:20	20:30	16/04/12:00	17/04/01:31	17/04/04:49	17/04/05:44	17/04/06:17	17/04/06:17	21:05

Anexo 4- Cálculo de H. absoluta y Tn/Hr

Ton malta salidas de secado	Duración de Presecado	Toneladas secadas/hr
220880	15:52	13,92
177305	10:09	17,47
241555	13:09	18,37
192538	11:36	16,60
181057	12:24	14,60
222863	12:19	18,09
210483	12:22	17,02
222866	14:54	14,96
204170	13:42	14,90
223300	16:08	13,84
215050	12:25	17,32
224680	11:27	19,62
232800	18:25	12,64
191800	12:24	15,47
236646	15:27	15,32
196000	14:15	13,75
206000	11:38	17,71
234040	15:49	14,80
195980	09:25	20,81
216680	13:32	16,01
196536	11:00	17,87
208152	11:15	18,50
244730	14:25	16,98
197638	14:28	13,66
214200	16:11	13,24
208089	13:56	14,93
204555	13:20	15,34
250646	14:41	17,07
204539	14:45	13,87
229771	15:31	14,81
213868	16:10	13,23
204108	14:05	14,49

Anexo 5 – Hojas de cálculo definición productividad año Presupuesto producción malteria 2 original (sin Munters)

Ciclo real 2014	21,2	21,3	20,6	21,0	20,28	19,2	19,7	19,1	18,2	18,9	19,7	20,6	
AÑO 2015	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Meta mermas de Proceso	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	
Ton cebada por batch	252,0	252,0	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	
Ton malta por batch	216,2	216,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	
Dias por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Batch por mes	35,6	32,2	35,6	34,1	34,5	35,4	35,9	36,1	34,4	34,8	34,1	35,5	418,1
Ciclo secado	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,00	20,00	20,00	20,00	20,50	20,50	20,50	
Horas de Producción Bruta	527	480	548	528	530	566	576	576	551	537	523	550	
Horas meta climática	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Diferencia meta vrs clim	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	
Diferencia meta vrs creal prog	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	
Tiempos germ	95,5	95,5	95,5	95,5	95,5	93,0	93,0	93,0	93,0	95,5	95,5	95,5	
Cond climfab (min)	306,6	306,6	272,6	272,6	272,6	242,6	242,6	242,6	242,6	272,6	272,6	272,6	
Batch por mes (redondea)	36,0	32,0	36,0	34,0	35,0	35,0	35,0	36,0	34,0	35,0	35,0	35,0	418,0
Meta Producción	7.784	6.919	8.071	7.623	7.847	7.847	7.847	8.071	7.623	7.847	7.872	7.847	
Total producción malteria 2 año 2015 (tons malta)											93.196		

Tempos													
Horas Totais do Período	744,00	672,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8760,0
Horas sem mão-de-obra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas Utilizadas	744,00	672,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8760,0
Programadas C. Climáticas (hr)	183,99	163,54	163,54	154,46	159,00	141,50	141,50	145,54	137,46	159,00	159,00	159,00	1867,53
T. Muertos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Animientos secadora	5,00	2,50	5,00	9,01	5,00	2,50	5,00	5,00	5,00	20,63	5,00	5,00	74,6
Autonomo caldera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Proceso	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	22,80
Utilidades	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Logística	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suprimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qualidade	17,78	16,10	17,79	17,06	17,23	0,00	0,00	0,00	0,00	17,41	17,06	17,73	138,16
Horas Disponíveis	535,33	487,96	555,77	535,57	537,87	574,10	583,60	583,56	558,64	545,06	531,04	558,37	6586,9
Mecânica	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	42,39
Elétrica	2,37	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	25,17
Automação	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,76
Instrumentação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30
Operacional	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	24,00
Sem Especificação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas de Produção Bruta	527,36	480,29	548,10	527,91	530,20	566,43	575,93	575,89	550,97	537,39	523,37	550,40	6494,3
Perda de DBL	74,89	68,20	77,83	74,96	75,29	80,43	81,78	81,78	78,24	76,31	74,32	78,16	922,18
Horas de Produção Líquida	452,48	412,09	470,27	452,94	454,91	486,00	494,15	494,11	472,74	461,08	449,05	472,24	5572,1
Indicadores de Desempenho													
Fator de Utilização	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Disponibilidade	71,95%	72,61%	74,70%	74,39%	72,29%	79,74%	78,44%	78,44%	77,59%	73,26%	73,76%	75,05%	75,18%
Confiabilidade	98,89%	98,84%	98,98%	98,94%	98,95%	99,01%	99,03%	99,03%	98,99%	98,96%	98,93%	98,93%	98,96%
Operacionalidade	99,62%	99,59%	99,64%	99,62%	99,62%	99,65%	99,65%	99,65%	99,64%	99,63%	99,62%	99,64%	99,63%
DBL	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%
Eficiência de Linha Bruta	98,51%	98,43%	98,62%	98,57%	98,57%	98,66%	98,69%	98,69%	98,63%	98,59%	98,56%	98,57%	98,59%
Eficiência de Linha	84,52%	84,45%	84,62%	84,57%	84,58%	84,65%	84,67%	84,67%	84,62%	84,59%	84,56%	84,58%	84,59%
Indisponibilidade de Utilidades	0,26%	0,28%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,260%
Produtividade	60,82%	61,32%	63,21%	62,91%	61,14%	67,50%	66,42%	66,41%	65,66%	61,97%	62,37%	63,47%	63,60%
Eficiência Global	60,82%	61,32%	63,21%	62,91%	61,14%	67,50%	66,42%	66,41%	65,66%	61,97%	62,37%	63,47%	63,60%

AÑO 2015	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Meta mermas de Proceso	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	
Ton cebada por batch	252,0	252,0	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	261,3	
Ton malta por batch	216,2	216,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	224,2	
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Batch por mes	36,5	33,0	36,5	35,0	35,3	35,4	35,9	36,1	34,4	35,7	35,0	36,4	425,0
Ciclo secado	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	
Horas de Producción Bruta	559	508	580	562	561	566	576	576	551	568	558	582	
Horas meta climática	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Diferencia meta vrs clim	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
Diferencia meta vrs creal prog	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Tiempos germ	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	
Cond climfab (min)	276,6	276,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	242,6	
Batch por mes (redondea)	37,0	33,0	37,0	34,0	36,0	35,0	35,0	36,0	34,0	36,0	35,0	36,0	424,0
Meta Producción	8.000	7.135	8.295	7.623	8.071	7.847	7.847	8.071	7.623	8.071	7.872	8.071	
Total producción materia 2 año 2015 (tons malta) - Considera instalación secadores industriales											94.525		

Tempos													
Horas Totais do Período	744,00	672,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8760,0
Horas sem mão-de-obra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas Utilizadas	744,00	672,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8760,0
Programadas C. Climáticas (hr)	170,60	152,16	149,59	137,46	145,54	141,50	141,50	145,54	137,46	145,54	141,50	145,54	1753,92
T. Muertos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Progr mantenimientos secadora				2,00	23,00		12,00	8,00	17,00		6,00	2,00	70,00
Progr mant autonomo caldera	5,00	2,50	5,00	9,01	5,00	2,50	5,00	5,00	5,00	20,63	5,00	5,00	74,6
Proceso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidades	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	22,80
Logística	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suprimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qualidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas Disponíveis	566,50	515,44	587,51	569,63	568,56	574,10	583,60	583,56	558,64	575,93	565,60	589,56	6838,6
Mecânica	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	42,39
Elétrica	2,37	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	25,17
Automação	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,76
Instrumentação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30
Operacional	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	24,00
Sem Especificação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas de Produção Bruta	558,54	507,78	579,85	561,97	560,89	566,43	575,93	575,89	550,97	568,26	557,93	581,59	6746,0
Perda de DBL	79,31	72,10	82,34	79,80	79,65	80,43	81,78	81,78	78,24	80,69	79,23	82,59	957,94
Horas de Produção Líquida	479,22	435,67	497,51	482,17	481,24	486,00	494,15	494,11	472,74	487,57	478,71	499,00	5788,1
Indicadores de Desempenho													
Fator de Utilização	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Disponibilidade	76,14%	76,70%	78,97%	79,12%	76,42%	79,74%	78,44%	78,44%	77,59%	77,41%	78,56%	79,24%	78,06%
Confiabilidade	98,95%	98,90%	99,04%	99,00%	99,00%	99,01%	99,03%	99,03%	98,99%	99,02%	99,00%	98,99%	99,00%
Operacionalidade	99,64%	99,61%	99,66%	99,65%	99,64%	99,65%	99,65%	99,65%	99,64%	99,65%	99,64%	99,66%	99,65%
DBL	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%	14,20%
Eficiência de Linha Bruta	98,59%	98,51%	98,69%	98,65%	98,65%	98,66%	98,69%	98,69%	98,63%	98,67%	98,64%	98,65%	98,64%
Eficiência de Linha	84,59%	84,52%	84,68%	84,64%	84,64%	84,65%	84,67%	84,67%	84,62%	84,66%	84,64%	84,64%	84,64%

Anexo 6 - Tabla A 22 – Propiedades de gas ideal para el aire - Libro Fundamentos de termodinámica técnica – Moran Shapiro

Tabla A.22 Propiedades de gas ideal para el aire

T(K), h y u (kJ/kg), s° (kJ/kg·K)											
T	h	u	s°	cuando Δs = 0 ¹		T	h	u	s°	cuando Δs = 0	
				p ^a	v ^a					p ^a	v ^a
200	199,97	142,56	1,29559	0,3363	1707,	450	451,80	322,62	2,11161	5,775	223,6
210	209,97	149,69	1,34444	0,3987	1512,	460	462,02	329,97	2,13407	6,245	211,4
220	219,97	156,82	1,39105	0,4690	1346,	470	472,24	337,32	2,15604	6,742	200,1
230	230,02	164,00	1,43557	0,5477	1205,	480	482,49	344,70	2,17760	7,268	189,5
240	240,02	171,13	1,47824	0,6355	1084,	490	492,74	352,08	2,19876	7,824	179,7
250	250,05	178,28	1,51917	0,7329	979,	500	503,02	359,49	2,21952	8,411	170,6
260	260,09	185,45	1,55848	0,8405	887,8	510	513,32	366,92	2,23993	9,031	162,1
270	270,11	192,60	1,59634	0,9590	808,0	520	523,63	374,36	2,25997	9,684	154,1
280	280,13	199,75	1,63279	1,0889	738,0	530	533,98	381,84	2,27967	10,37	146,7
285	285,14	203,33	1,65055	1,1584	706,1	540	544,35	389,34	2,29906	11,10	139,7
290	290,16	206,91	1,66802	1,2311	676,1	550	554,74	396,86	2,31809	11,86	133,1
295	295,17	210,49	1,68515	1,3068	647,9	560	565,17	404,42	2,33685	12,66	127,0
300	300,19	214,07	1,70203	1,3860	621,2	570	575,59	411,97	2,35531	13,50	121,2
305	305,22	217,67	1,71865	1,4686	596,0	580	586,04	419,55	2,37348	14,38	115,7
310	310,24	221,25	1,73498	1,5546	572,3	590	596,52	427,15	2,39140	15,31	110,6
315	315,27	224,85	1,75106	1,6442	549,8	600	607,02	434,78	2,40902	16,28	105,8
320	320,29	228,42	1,76690	1,7375	528,6	610	617,53	442,42	2,42644	17,30	101,2
325	325,31	232,02	1,78249	1,8345	508,4	620	628,07	450,09	2,44356	18,36	96,92
330	330,34	235,61	1,79783	1,9352	489,4	630	638,63	457,78	2,46048	19,84	92,84
340	340,42	242,82	1,82790	2,149	454,1	640	649,22	465,50	2,47716	20,64	88,99
350	350,49	250,02	1,85708	2,379	422,2	650	659,84	473,25	2,49364	21,86	85,34
360	360,58	257,24	1,88543	2,626	393,4	660	670,47	481,01	2,50985	23,13	81,89
370	370,67	264,46	1,91313	2,892	367,2	670	681,14	488,81	2,52589	24,46	78,61
380	380,77	271,69	1,94001	3,176	343,4	680	691,82	496,62	2,54175	25,85	75,50
390	390,88	278,93	1,96633	3,481	321,5	690	702,52	504,45	2,55731	27,29	72,56
400	400,98	286,16	1,99194	3,806	301,6	700	713,27	512,33	2,57277	28,80	69,76
410	411,12	293,43	2,01699	4,153	283,3	710	724,04	520,23	2,58810	30,38	67,07
420	421,26	300,69	2,04142	4,522	266,6	720	734,82	528,14	2,60319	32,02	64,55
430	431,43	307,99	2,06533	4,915	251,1	730	745,62	536,07	2,61803	33,72	62,13
440	441,61	315,30	2,08870	5,332	236,8	740	756,44	544,02	2,63280	35,50	59,82

1. Datos de p^a y v^a (presión y volumen aparentes) para utilizar en las ecuaciones 6.34 y 6.44, respectivamente.

Nota: En la versión española se utilizan los símbolos p^a y v^a para identificar valores que no son de presión y volumen, respectivamente, sino el resultado de un cierto cálculo, por lo que se les denomina presión y volumen aparentes. Con esto se evita, además, la posible confusión con el concepto de presión relativa.

Tabla A.22 (Continuación)

T(K), h y u (kJ/kg), s° (kJ/kg·K)											
T	h	u	s°	cuando Δs = 0		T	h	u	s°	cuando Δs = 0	
				p ^a	v ^a					p ^a	v ^a
750	767,29	551,99	2,64737	37,35	57,63	1300	1395,97	1022,82	3,27345	330,9	11,275
760	778,18	560,01	2,66176	39,27	55,54	1320	1419,76	1040,88	3,29160	352,5	10,747
770	789,11	568,07	2,67595	41,31	53,39	1340	1443,60	1058,94	3,30959	375,3	10,247
780	800,03	576,12	2,69013	43,35	51,64	1360	1467,49	1077,10	3,32724	399,1	9,780
790	810,99	584,21	2,70400	45,55	49,86	1380	1491,44	1095,26	3,34474	424,2	9,337
800	821,95	592,30	2,71787	47,75	48,08	1400	1515,42	1113,52	3,36200	450,5	8,919
820	843,98	608,59	2,74504	52,59	44,84	1420	1539,44	1131,77	3,37901	478,0	8,526
840	866,08	624,95	2,77170	57,60	41,85	1440	1563,51	1150,13	3,39586	506,9	8,153
860	888,27	641,40	2,79783	63,09	39,12	1460	1587,63	1168,49	3,41247	537,1	7,801
880	910,56	657,95	2,82344	68,98	36,61	1480	1611,79	1186,95	3,42892	568,8	7,468
900	932,93	674,58	2,84856	75,29	34,31	1500	1635,97	1205,41	3,44516	601,9	7,152
920	955,38	691,28	2,87324	82,05	32,18	1520	1660,23	1223,87	3,46120	636,5	6,854
940	977,92	708,08	2,89748	89,28	30,22	1540	1684,51	1242,43	3,47712	672,8	6,569
960	1000,55	725,02	2,92128	97,00	28,40	1560	1708,82	1260,99	3,49276	710,5	6,301
980	1023,25	741,98	2,94468	105,2	26,73	1580	1733,17	1279,65	3,50829	750,0	6,046
1000	1046,04	758,94	2,96770	114,0	25,17	1600	1757,57	1298,30	3,52364	791,2	5,804
1020	1068,89	776,10	2,99034	123,4	23,72	1620	1782,00	1316,96	3,53879	834,1	5,574
1040	1091,85	793,36	3,01260	133,3	22,39	1640	1806,46	1335,72	3,55381	878,9	5,355
1060	1114,86	810,62	3,03449	143,9	21,14	1660	1830,96	1354,48	3,56867	925,6	5,147
1080	1137,89	827,88	3,05608	155,2	19,98	1680	1855,50	1373,24	3,58335	974,2	4,949
1100	1161,07	845,33	3,07732	167,1	18,896	1700	1880,1	1392,7	3,5979	1025	4,761
1120	1184,28	862,79	3,09825	179,7	17,886	1750	1941,6	1439,8	3,6336	1161	4,328
1140	1207,57	880,35	3,11883	193,1	16,946	1800	2003,3	1487,2	3,6684	1310	3,944
1160	1230,92	897,91	3,13916	207,2	16,064	1850	2065,3	1534,9	3,7023	1475	3,601
1180	1254,34	915,57	3,15916	222,2	15,241	1900	2127,4	1582,6	3,7354	1655	3,295
1200	1277,79	933,33	3,17888	238,0	14,470	1950	2189,7	1630,6	3,7677	1852	3,022
1220	1301,31	951,09	3,19834	254,7	13,747	2000	2252,1	1678,7	3,7994	2068	2,776
1240	1324,93	968,95	3,21751	272,3	13,069	2050	2314,6	1726,8	3,8303	2303	2,555
1260	1348,55	986,90	3,23638	290,8	12,435	2100	2377,4	1775,3	3,8605	2559	2,356
1280	1372,24	1004,76	3,25510	310,4	11,835	2150	2440,3	1823,8	3,8901	2837	2,175
						2200	2503,2	1872,4	3,9191	3138	2,012
						2250	2566,4	1921,3	3,9474	3464	1,864

Fuente: Las tablas A-22 se basan en J. H. Keenan y J. Kaye, Gas Tables, Wiley, New York, 1945.

Anexo 7 - Tabla A 2 – Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas
 Libro Fundamentos de termodinámica técnica – Morán Shapiro

Tabla A.2 Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		Temp. °C
		Líquido sat. v _f × 10 ³	Vapor sat. v _g	Líquido sat. u _f	Vapor sat. u _g	Líquido sat. h _f	Vaporización h _{fg}	Vapor sat. h _g	Líquido sat. s _f	Vapor sat. s _g	
.01	0,00611	1,0002	206,136	0,00	2375,3	0,01	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562	.01
4	0,00813	1,0001	157,232	16,77	2380,9	16,78	2491,9	2508,7	0,0610	9,0514	4
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	9,0257	5
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2383,6	25,20	2487,2	2512,4	0,0912	9,0003	6
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2386,4	33,60	2482,5	2516,1	0,1212	8,9501	8
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,9008	10
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2390,5	46,20	2475,4	2521,6	0,1658	8,8765	11
12	0,01402	1,0005	93,784	50,41	2391,9	50,41	2473,0	2523,4	0,1806	8,8524	12
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2393,3	54,60	2470,7	2525,3	0,1953	8,8285	13
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2394,7	58,80	2468,3	2527,1	0,2099	8,8048	14
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,7814	15
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2397,4	67,19	2463,6	2530,8	0,2390	8,7582	16
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2398,8	71,38	2461,2	2532,6	0,2535	8,7351	17
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2400,2	75,58	2458,8	2534,4	0,2679	8,7123	18
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2401,6	79,77	2456,5	2536,2	0,2823	8,6897	19
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672	20
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450	21
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229	22
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011	23
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794	24
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580	25
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367	26
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156	27
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946	28
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739	29
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533	30
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2418,0	129,97	2428,1	2558,1	0,4507	8,4329	31
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2419,3	134,15	2425,7	2559,9	0,4644	8,4127	32
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2420,7	138,33	2423,4	2561,7	0,4781	8,3927	33
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2422,0	142,50	2421,0	2563,5	0,4917	8,3728	34
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531	35
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336	36
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950	38
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570	40
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648	45

Tabla A.2 (Continuación)

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		Temp. °C
		Líquido sat. v _f × 10 ³	Vapor sat. v _g	Líquido sat. u _f	Vapor sat. u _g	Líquido sat. h _f	Vaporización h _{fg}	Vapor sat. h _g	Líquido sat. s _f	Vapor sat. s _g	
50	,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	,7038	8,0763	50
55	,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	,7679	7,9913	55
60	,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	,8312	7,9096	60
65	,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	,8935	7,8310	65
70	,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	,9549	7,7553	70
75	,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824	75
80	,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122	80
85	,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445	85
90	,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791	90
95	,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159	95
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549	100
110	1,433	1,0516	1,210	461,14	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	7,2387	110
120	1,985	1,0603	0,8919	503,50	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	7,1296	120
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	7,0269	130
140	3,613	1,0797	0,5089	588,74	2550,0	589,13	2144,7	2733,9	1,7391	6,9299	140
150	4,758	1,0905	0,3928	631,68	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	6,8379	150
160	6,178	1,1020	0,3071	674,86	2568,4	675,55	2082,6	2758,1	1,9427	6,7502	160
170	7,917	1,1143	0,2428	718,33	2576,5	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	6,6663	170
180	10,02	1,1274	0,1941	762,09	2583,7	763,22	2015,0	2778,2	2,1396	6,5857	180
190	12,54	1,1414	0,1565	806,19	2590,0	807,62	1978,8	2786,4	2,2359	6,5079	190
200	15,54	1,1565	0,1274	850,65	2595,3	852,45	1940,7	2793,2	2,3309	6,4323	200
210	19,06	1,1726	0,1044	895,53	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	6,3585	210
220	23,18	1,1900	0,08619	940,87	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	6,2861	220
230	27,95	1,2088	0,07158	986,74	2603,9	990,12	1813,8	2804,0	2,6099	6,2146	230
240	33,44	1,2291	0,05976	1033,2	2604,0	1037,3	1766,5	2803,8	2,7015	6,1437	240
250	39,73	1,2512	0,05013	1080,4	2602,4	1085,4	1716,2	2801,5	2,7927	6,0730	250
260	46,88	1,2755	0,04221	1128,4	2599,0	1134,4	1662,5	2796,6	2,8838	6,0019	260
270	54,99	1,3023	0,03564	1177,4	2593,7	1184,5	1605,2	2789,7	2,9751	5,9301	270
280	64,12	1,3321	0,03017	1227,5	2586,1	1236,0	1543,6	2779,6	3,0668	5,8571	280
290	74,36	1,3656	0,02557	1278,9	2576,0	1289,1	1477,1	2766,2	3,1594	5,7821	290
300	85,81	1,4036	0,02167	1332,0	2563,0	1344,0	1404,9	2749,0	3,2534	5,7045	300
320	112,7	1,4988	0,01549	1444,6	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	5,5362	320
340	145,9	1,6379	0,01080	1570,3	2464,6	1594,2	1027,9	2622,0	3,6594	5,3357	340
360	186,5	1,8925	0,006945	1725,2	2351,5	1760,5	720,5	2481,0	3,9147	5,0526	360
374,14	220,9	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298	374,14

Fuente: Las tablas A-2 a A-5 se han extraído de J. H. Keenan, F. G. Keyes, P. G. Hill y J. G. Moore, *Steam Tables*, Wiley, New York, 1969

Anexo 8 - AACE Cost estimate classification system



AACE International Recommended Practice No. 18R-97

COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM – AS APPLIED IN ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS INDUSTRIES



June 15, 1998

This guideline reflects generally-accepted cost engineering practices. This addendum was based upon the practices of a wide range of companies in the process industries from around the world, as well as published references and standards. Company and public standards were solicited and reviewed by the AACE International Cost Estimating Committee. The practices were found to have significant commonalities that are conveyed in this addendum.

COST ESTIMATE CLASSIFICATION MATRIX FOR THE PROCESS INDUSTRIES

The five estimate classes are presented in figure 1 in relationship to the identified characteristics. Only the level of project definition determines the estimate class. The other four characteristics are secondary characteristics that are generally correlated with the level of project definition, as discussed in the generic standard. The characteristics are typical for the process industries but may vary from application to application.

This matrix and guideline provide an estimate classification system that is specific to the process industries. Refer to the generic standard for a general matrix that is nonindustry specific, or to other addendums for guidelines that will provide more detailed information for application in other specific industries. These will typically provide additional information, such as input deliverable checklists to allow meaningful categorization in those particular industries.

ESTIMATE CLASS	Primary Characteristic	Secondary Characteristic			
	LEVEL OF PROJECT DEFINITION Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical variation in low and high ranges [a]	PREPARATION EFFORT Typical degree of effort relative to least cost index of 1 [b]
Class 5	0% to 2%	Concept Screening	Capacity Factored, Parametric Models, Judgment, or Analogy	L: -20% to -50% H: +30% to +100%	1
Class 4	1% to 15%	Study or Feasibility	Equipment Factored or Parametric Models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%	2 to 4
Class 3	10% to 40%	Budget, Authorization, or Control	Semi-Detailed Unit Costs with Assembly Level Line Items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%	3 to 10
Class 2	30% to 70%	Control or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Forced Detailed Take-Off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%	4 to 20
Class 1	50% to 100%	Check Estimate or Bid/Tender	Detailed Unit Cost with Detailed Take-Off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%	5 to 100

Notes: [a] The state of process technology and availability of applicable reference cost data affect the range marked. The +/- value represents typical percentage variation of actual costs from the cost estimate after application of contingency (typically at a 50% level of confidence) for given scope.
 [b] If the range index value of "1" represents 0.005% of project costs, then an index value of 100 represents 0.5%. Estimate preparation effort is highly dependent upon the size of the project and the quality of estimating data and tools.

Figure 1. – Cost Estimate Classification Matrix for Process Industries

CHARACTERISTICS OF THE ESTIMATE CLASSES

The following charts (figures 2a through 2e) provide detailed descriptions of the five estimate classifications as applied in the process industries. They are presented in the order of least-defined estimates to the most-defined estimates. These descriptions include brief discussions of each of the estimate characteristics that define an estimate class.

For each chart, the following information is provided.

- **ANSI Standard Reference (1972) Name:** this is a reference to the equivalent estimate class in the existing ANSI standards.
- **Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms:** this section provides other commonly used names that an estimate of this class might be known by. These alternate names are not endorsed by this Recommended Practice. The user is cautioned that an alternative name may not always be correlated with the class of estimate as identified in the chart.
- **Description:** a short description of the class of estimate, including a brief listing of the expected estimate inputs based on the level of project definition.
- **Level of Project Definition Required:** expressed as a percent of full definition. For the process industries, this correlates with the percent of engineering and design complete.
- **End Usage:** a short discussion of the possible end usage of this class of estimate.
- **Estimating Methods Used:** a listing of the possible estimating methods that may be employed to develop an estimate of this class.
- **Expected Accuracy Range:** typical variation in low and high ranges after the application of contingency (determined at a 50% level of confidence). Typically, this results in a 90% confidence that the actual cost will fall within the bounds of the low and high ranges.
- **Effort to Prepare:** this section provides a typical level of effort (in hours) to produce a complete estimate for a US\$20,000,000 plant. Estimate preparation effort is highly dependent on project size, project complexity, estimator skills and knowledge, and on the availability of appropriate estimating cost data and tools.

CLASS 5 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2-1989 Name: Order of magnitude estimate (typically -30% to +50%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Ratio, ballpark, blue sky, seat-of-pants, ROM, idea study, prospect estimate, concession license estimate, guesstimate, rule-of-thumb.</p> <p>Description: Class 5 estimates are generally prepared based on very limited information, and subsequently have wide accuracy ranges. As such, some companies and organizations have elected to determine that due to the inherent inaccuracies, such estimates cannot be classified in a conventional and systemic manner. Class 5 estimates, due to the requirements of end use, may be prepared within a very limited amount of time and with little effort expended—sometimes requiring less than an hour to prepare. Often, little more than proposed plant type, location, and capacity are known at the time of estimate preparation.</p> <p>Level of Project Definition Required: 0% to 2% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 5 estimates are prepared for any number of strategic business planning purposes, such as but not limited to market studies, assessment of initial viability, evaluation of alternate schemes, project screening, project location studies, evaluation of resource needs and budgeting, long-range capital planning, etc.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 5 estimates virtually always use stochastic estimating methods such as cost/capacity curves and factors, scale of operations factors, Lang factors, Hand factors, Chilton factors, Peters-Timmerhaus factors, Guthrie factors, and other parametric and modeling techniques.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 5 estimates are - 20% to -50% on the low side, and +30% to +100% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): As little as 1 hour or less to perhaps more than 200 hours, depending on the project and the estimating methodology used.</p>

Figure 2a. – Class 5 Estimate

CLASS 4 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2-1989 Name: Budget estimate (typically -15% to + 30%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Screening, top-down, feasibility, authorization, factored, pre-design, pre-study.</p> <p>Description: Class 4 estimates are generally prepared based on limited information and subsequently have fairly wide accuracy ranges. They are typically used for project screening, determination of feasibility, concept evaluation, and preliminary budget approval. Typically, engineering is from 1% to 5% complete, and would comprise at a minimum the following: plant capacity, block schematics, indicated layout, process flow diagrams (PFDs) for main process systems, and preliminary engineered process and utility equipment lists.</p> <p>Level of Project Definition Required: 1% to 15% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 4 estimates are prepared for a number of purposes, such as but not limited to, detailed strategic planning, business development, project screening at more developed stages, alternative scheme analysis, confirmation of economic and/or technical feasibility, and preliminary budget approval or approval to proceed to next stage.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 4 estimates virtually always use stochastic estimating methods such as equipment factors, Lang factors, Hand factors, Chilton factors, Peters-Timmerhaus factors, Guthrie factors, the Miller method, gross unit costs/ratios, and other parametric and modeling techniques.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 4 estimates are -15% to -30% on the low side, and +20% to +50% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): Typically, as little as 20 hours or less to perhaps more than 300 hours, depending on the project and the estimating methodology used.</p>

Figure 2b. – Class 4 Estimate

CLASS 3 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2-1989 Name: Budget estimate (typically -15% to + 30%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Budget, scope, sanction, semi-detailed, authorization, preliminary control, concept study, development, basic engineering phase estimate, target estimate.</p> <p>Description: Class 3 estimates are generally prepared to form the basis for budget authorization, appropriation, and/or funding. As such, they typically form the initial control estimate against which all actual costs and resources will be monitored. Typically, engineering is from 10% to 40% complete, and would comprise at a minimum the following: process flow diagrams, utility flow diagrams, preliminary piping and instrument diagrams, plot plan, developed layout drawings, and essentially complete engineered process and utility equipment lists.</p> <p>Level of Project Definition Required: 10% to 40% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 3 estimates are typically prepared to support full project funding requests, and become the first of the project phase "control estimates" against which all actual costs and resources will be monitored for variations to the budget. They are used as the project budget until replaced by more detailed estimates. In many owner organizations, a Class 3 estimate may be the last estimate required and could well form the only basis for cost/schedule control.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 3 estimates usually involve more deterministic estimating methods than stochastic methods. They usually involve a high degree of unit cost line items, although these may be at an assembly level of detail rather than individual components. Factoring and other stochastic methods may be used to estimate less-significant areas of the project.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 3 estimates are -10% to -20% on the low side, and +10% to +30% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): Typically, as little as 150 hours or less to perhaps more than 1,500 hours, depending on the project and the estimating methodology used.</p>

Figure 2c. – Class 3 Estimate



June 15, 1998

CLASS 2 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2-1989 Name: Definitive estimate (typically -5% to + 15%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Detailed control, forced detail, execution phase, master control, engineering, bid, tender, change order estimate.</p> <p>Description: Class 2 estimates are generally prepared to form a detailed control baseline against which all project work is monitored in terms of cost and progress control. For contractors, this class of estimate is often used as the "bid" estimate to establish contract value. Typically, engineering is from 30% to 70% complete, and would comprise at a minimum the following: process flow diagrams, utility flow diagrams, piping and instrument diagrams, heat and material balances, final plot plan, final layout drawings, complete engineered process and utility equipment lists, single line diagrams for electrical, electrical equipment and motor schedules, vendor quotations, detailed project execution plans, resourcing and work force plans, etc.</p> <p>Level of Project Definition Required: 30% to 70% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 2 estimates are typically prepared as the detailed control baseline against which all actual costs and resources will now be monitored for variations to the budget, and form a part of the change/variation control program.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 2 estimates always involve a high degree of deterministic estimating methods. Class 2 estimates are prepared in great detail, and often involve tens of thousands of unit cost line items. For those areas of the project still undefined, an assumed level of detail takeoff (forced detail) may be developed to use as line items in the estimate instead of relying on factoring methods.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 2 estimates are -5% to -15% on the low side, and +5% to +20% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): Typically, as little as 300 hours or less to perhaps more than 3,000 hours, depending on the project and the estimating methodology used. Bid estimates typically require more effort than estimates used for funding or control purposes.</p>


Figure 2d. – Class 2 Estimate

CLASS 1 ESTIMATE	
<p>ANSI Standard Reference Z94.2 Name: Definitive estimate (typically -5% to + 15%).</p> <p>Alternate Estimate Names, Terms, Expressions, Synonyms: Full detail, release, fall-out, tender, firm price, bottoms-up, final, detailed control, forced detail, execution phase, master control, fair price, definitive, change order estimate.</p> <p>Description: Class 1 estimates are generally prepared for discrete parts or sections of the total project rather than generating this level of detail for the entire project. The parts of the project estimated at this level of detail will typically be used by subcontractors for bids, or by owners for check estimates. The updated estimate is often referred to as the current control estimate and becomes the new baseline for cost/schedule control of the project. Class 1 estimates may be prepared for parts of the project to comprise a fair price estimate or bid check estimate to compare against a contractor's bid estimate, or to evaluate/dispute claims. Typically, engineering is from 50% to 100% complete, and would comprise virtually all engineering and design documentation of the project, and complete project execution and commissioning plans.</p> <p>Level of Project Definition Required: 50% to 100% of full project definition.</p>	<p>End Usage: Class 1 estimates are typically prepared to form a current control estimate to be used as the final control baseline against which all actual costs and resources will now be monitored for variations to the budget, and form a part of the change/variation control program. They may be used to evaluate bid checking, to support vendor/contractor negotiations, or for claim evaluations and dispute resolution.</p> <p>Estimating Methods Used: Class 1 estimates involve the highest degree of deterministic estimating methods, and require a great amount of effort. Class 1 estimates are prepared in great detail, and thus are usually performed on only the most important or critical areas of the project. All items in the estimate are usually unit cost line items based on actual design quantities.</p> <p>Expected Accuracy Range: Typical accuracy ranges for Class 1 estimates are -3% to -10% on the low side, and +3% to +15% on the high side, depending on the technological complexity of the project, appropriate reference information, and the inclusion of an appropriate contingency determination. Ranges could exceed those shown in unusual circumstances.</p> <p>Effort to Prepare (for US\$20MM project): Class 1 estimates require the most effort to create, and as such are generally developed for only selected areas of the project, or for bidding purposes. A complete Class 1 estimate may involve as little as 600 hours or less, to perhaps more than 6,000 hours, depending on the project and the estimating methodology used. Bid estimates typically require more effort than estimates used for funding or control purposes.</p>

Figure 2e. – Class 1 Estimate

COMPARISON OF CLASSIFICATION PRACTICES

Figures 3a through 3c provide a comparison of the estimate classification practices of various firms, organizations, and published sources against one another and against the guideline classifications. These tables permits users to benchmark their own classification practices.



AACE Classification Standard	ANSI Standard 294.0	AACE Pre-1972	Association of Cost Engineers (UK) ACoE	Norwegian Project Management Association (NFP)	American Society of Professional Estimators (ASPE)
Class 5	Order of Magnitude Estimate -30/+50	Order of Magnitude Estimate	Order of Magnitude Estimate Class IV -30/+30	Concession Estimate	Level 1
				Exploration Estimate	
				Feasibility Estimate	
Class 4	Budget Estimate -15/+30	Study Estimate	Study Estimate Class III -20/+20	Authorization Estimate	Level 2
Class 3		Preliminary Estimate	Budget Estimate Class II -10/+10	Master Control Estimate	Level 3
Class 2	Definitive Estimate -5/+15	Definitive Estimate	Definitive Estimate Class I -5/+5	Current Control Estimate	Level 4
Class 1		Detailed Estimate			Level 5
					Level 6

Figure 3a. – Comparison of Classification Practices

ACE Classification Standard	Major Consumer Products Company (Confidential)	Major Oil Company (Confidential)	Major Oil Company (Confidential)	Major Oil Company (Confidential)
Class 6	Class 5 Strategic Estimate	Class V Order of Magnitude Estimate	Class A Prospect Estimate	Class V
			Class B Evaluation Estimate	
Class 4	Class 1 Conceptual Estimate	Class IV Screening Estimate	Class C Feasibility Estimate	Class IV
			Class D Development Estimate	
Class 3	Class 2 Semi-Detailed Estimate	Class III Primary Control Estimate	Class E Preliminary Estimate	Class III
Class 2	Class 3 Detailed Estimate	Class II Master Control Estimate	Class F Master Control Estimate	Class II
Class 1		Class I Current Control Estimate	Current Control Estimate	Class I

Figure 3b. – Comparison of Classification Practices

ACE Classification Standard	J.R. Helzelman, 1988 AACE Transactions [1]	K.T. Yeo, The Cost Engineer, 1989 [2]	Stevens & Davis, 1988 AACE Transactions [3]	P. Behrenbruck, Journal of Petroleum Technology, 1993 [4]
Class 6	Class V	Class V Order of Magnitude	Class III*	Order of Magnitude
Class 4	Class IV	Class IV Factor Estimate	Class II	Study Estimate
Class 3	Class III	Class III Office Estimate		Budget Estimate
Class 2	Class II	Class II Definitive Estimate	Class I	
Class 1	Class I	Class I Final Estimate		Control Estimate

[1] John R. Helzelman, ARCO Oil & Gas Co., 1988 AACE Transactions, Paper V3.7
 [2] K.T. Yeo, The Cost Engineer, Vol. 27, No. 6, 1989
 [3] Stevens & Davis, BP International Ltd., 1988 AACE Transactions, Paper B4.1 (* Class III is Inferred)
 [4] Peter Behrenbruck, BHP Petroleum Pty., Ltd., article in Petroleum Technology, August 1993

Figure 3c. – Comparison of Classification Practices

ESTIMATE INPUT CHECKLIST AND MATURITY MATRIX

Figure 4 maps the extent and maturity of estimate input information (deliverables) against the five estimate classification levels. This is a checklist of basic deliverables found in common practice in the process industries. The maturity level is an approximation of the degree of completion of the deliverable. The degree of completion is indicated by the following letters.

- None (blank): development of the deliverable has not begun.
- Started (S): work on the deliverable has begun. Development is typically limited to sketches, rough outlines, or similar levels of early completion.
- Preliminary (P): work on the deliverable is advanced. Interim, cross-functional reviews have usually been conducted. Development may be near completion except for final reviews and approvals.
- Complete (C): the deliverable has been reviewed and approved as appropriate.

General Project Data:	ESTIMATE CLASSIFICATION				
	CLASS 5	CLASS 4	CLASS 3	CLASS 2	CLASS 1
Project Scope Description	General	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Production/Facility Capacity	Assumed	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Location	General	Approximate	Specific	Specific	Specific
Soils & Hydrology	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Integrated Project Plan	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Master Schedule	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Escalation Strategy	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Work Breakdown Structure	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Code of Accounts	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Contracting Strategy	Assumed	Assumed	Preliminary	Defined	Defined
Engineering Deliverables:					
Block Flow Diagrams	S/P	P/C	C	C	C
Pilot Plans		S	P/C	C	C
Process Flow Diagrams (PFDs)		S/P	P/C	C	C
Utility Flow Diagrams (UFDs)		S/P	P/C	C	C
Piping & Instrument Diagrams (P&IDs)		S	P/C	C	C
Heat & Material Balances		S	P/C	C	C
Process Equipment List		S/P	P/C	C	C
Utility Equipment List		S/P	P/C	C	C
Electrical One-Line Drawings		S/P	P/C	C	C
Specifications & Datasheets		S	P/C	C	C
General Equipment Arrangement Drawings		S	P/C	C	C
Spare Parts Listings			S/P	P	C
Mechanical Discipline Drawings			S	P	P/C
Electrical Discipline Drawings			S	P	P/C
Instrumentation/Control System Discipline Drawings			S	P	P/C
Civil/Structural/Site Discipline Drawings			S	P	P/C


Figure 4. – Estimate Input Checklist and Maturity Matrix

REFERENCES

ANSI Standard Z94.2-1989. **Industrial Engineering Terminology: Cost Engineering.**
 AACE International Recommended Practice No.17R-97, **Cost Estimate Classification System.**

Anexo 9 – Información técnica equipos Munsters

La siguiente documentación ha sido provista por el fabricante de los equipos.



Munters

A27147
Release 5.6.0
AMBEV URY revA

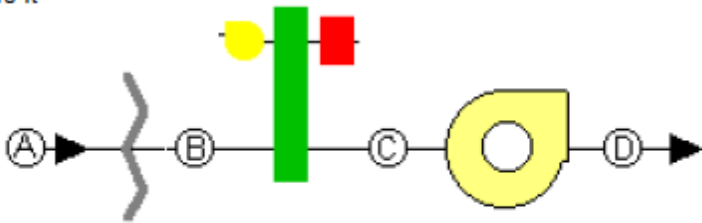
Munters ICA-3500-120

Prepared for : Ambev Date : 04/mar/15

Paysandú, Uruguay

Project : Secado Malto Prepared by : Murilo Leite
Reference No. : Quote

Altitude 140 ft



peak

	A	B	C	D
SCFM	41,200	41,200	41,200	41,200
°F	83	83	143	145
gr/lb	128.0	128.0	56.6	56.6



A27147

Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

System Configuration Data

System Level Configuration Items:

Model No.	ICA-3500-120
Internal Material	Galvalume
External Material	Galvalume
Wall Thickness	2.5 inch
Roof	Pitched - Outdoor Locations
Length Limit	NONE
Access/Removal side *	From the RIGHT looking in the direction of air flow
Floor Drains	No Floor Drains
Entering Air Connection	Weatherhood
Leaving Air Connection	End Discharge
System Power	460/3/60
System FLA	94.7

Component Options:

Component Name	View Port	Plenum Light	Other
Med. Eff Filter	Yes	No	Side Loading
Dehumidifier	No	No	None
Fan	Yes	Yes	None

* See the system drawing for further details on component access and removal.



A27147

Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

Equipment Schedule

Air Filter		
Media Type		Panel
Filter Thickness	in	2.0
Filter Efficiency	%	30%
Filter Class		UL 1
Face Velocity	FPM	442
Initial Resistance	"WC	0.22
Final Resistance	"WC	0.90
Filter Sizes		24 @ 24 in x 24 in

Dehumidifier Module		
Type of Rotor		Tigel-PP
Entering Conditions	$^{\circ}\text{F}$ / gr/lb	83 / 128.0
Leaving Conditions	$^{\circ}\text{F}$ / gr/lb	143 / 56.6
Process Air Flow	SCFM	41,200
By Pass Air Flow	SCFM	0
Air Pressure Loss	"WC	1.90
Wheel Speed	rph	8.00
Design Capacity	lb/hr	1,891

Reactivation Air Heater - Steam		
Entering Conditions	$^{\circ}\text{F}$ / gr/lb	83 / 128.0
Leaving Conditions	$^{\circ}\text{F}$ / gr/lb	299 / 128.0
Required Capacity	Btuh	3,328,976
Air Resistance	"WC	0.65
Rows		8
Steam Pressure	psig	82.0
Steam Temperature	$^{\circ}\text{F}$	326
Steam Consumption	lb/hr	3,742.0
Tube Material		Copper
Fin Material		Aluminum
Case Material		Galvanized Steel

Reactivation Air Fan		
Model		30
Type		BI-AF - SISW
Air Flow	SCFM	14,300
Total Pressure	"WC	7.55
External Pressure	"WC	3.09
Design Temperature	$^{\circ}\text{F}$	127
Fan Speed	RPM	1655
Motor Speed	RPM	1725
Motor Power	hp	30
Motor Enclosure		TEFC
Motor Class		Class B



A27147

Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

Equipment Schedule

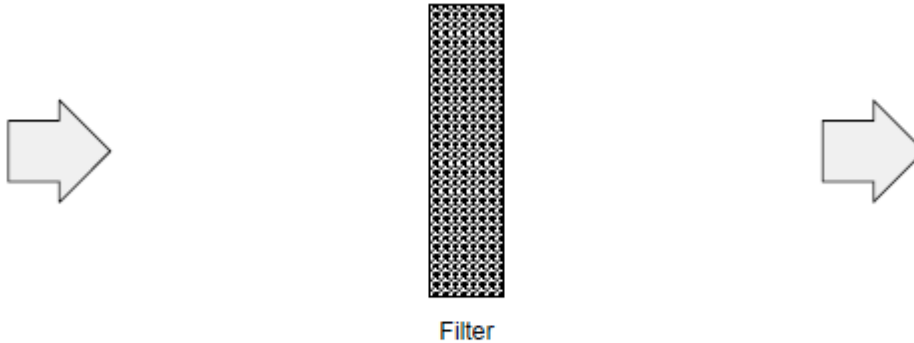
Supply Air Fan		
Model		445 DWDI
Type		BI-AF - DWDI
Air Flow	SCFM	41,200
Entering Conditions	^o F / gr/lb	143 / 56.6
Leaving Conditions	^o F / gr/lb	145 / 56.6
Total Pressure	"WC	4.04
External Pressure	"WC	1.24
Fan Speed	RPM	958
Fan Power	hp	42.8
Motor Speed	RPM	1730
Motor Power	hp	50.0
Motor Enclosure		TEFC
Motor Class		Class B
Housing Construction		Welded Steel
Vibration Isolation		Spring



A27147

Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

Filter Specifications



COARSE FILTERS

1. Air is filtered through filters of 25% to 30% minimum efficiency with 90% to 92% arrestance minimum as rated by ASHRAE Test Standard 52-76. Filters are disposable 2" deep, pleated disposable type with non-woven media held in place by a welded wire grid. Filters are held in aluminum channels top and bottom with spacers and back-up plates to minimize bypass. Filter channels are welded and sealed in place to eliminate air bypass.

FINE FILTERS

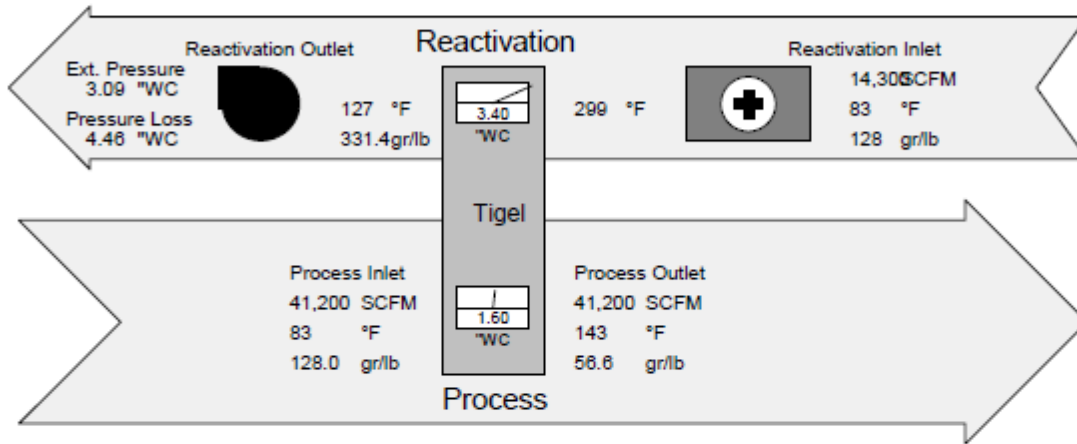
1. Air is filtered through 12 inch deep pleated disposable filter of efficiency show in the schedule. All filters are constructed of a non-woven media held in a rigid frame with welded wire support grid. The 12 inch deep filter also contains contour supports and is held in a specifically designed rigid frame using spring type clamping fasteners. Filter mounting partitions are welded and sealed in place to eliminate air bypass.

INITIAL DUST SPOT EFFICIENCY (E0) Type Of Filter	E0 <= 20 % Average		E0 20 => % Average		EN 779	EUROVENT 4/5	ASHRAE
	Arrestance	AM %	Efficiency	Em%			
Coarse Filter (Panel)		Am < 65	-----		G 1	EU 1	G 60
Coarse Filter (Panel)		65 <= Am < 80	-----		G 2	EU 2	G 70
Coarse Filter (Panel)		80 <= Am < 90	-----		G 3	EU 3	G 85
Coarse Filter (Panel)		90 <= Am ---	-----		G 4	EU 4	G 90
Fine Filter (Bag)	-----		40 <= Em < 60		F 5	EU 5	F 45
Fine Filter (Bag)	-----		60 <= Em < 80		F 6	EU 6	F 65
Fine Filter (Bag)	-----		80 <= Em < 90		F 7	EU 7	F 85
Fine Filter (Bag)	-----		90 <= Em < 95		F 8	EU 8	F 95
Fine Filter (Bag)	-----		95 <= Em --		F 9	EU 9	F 95



A27147
 Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

Dehumidifier



Dehumidifier Module

Type of Rotor		Tigel-PP
Power Source		460/3/60
Full Load Amps	ampere	37.0
Design Capacity	lb/hr	1,891

Reactivation Air Heater

Required Capacity	Btuh	3,328,976
Rows		8
Steam Pressure	psig	82.0
Steam Temperature	°F	326
React Filter Type		Metal Mesh Filter

Reactivation Air Fan

Model		30
Type		BI-AF - SISW
Design Temperature	°F	127
Fan Speed	RPM	1655
Motor Speed	RPM	1725
Motor Power	hp	30
Motor Enclosure		TEFC
Motor Class		Class B



A27147

Release 5.6.0
AMBEV URY revA
ICA-3500-120
Altitude 140 ft

Dehumidifier Specifications

Dehumidifier Steam Reactivation Heater

1. Steam heaters are of a stainless steel weld construction providing a wide range of operating pressure upto 24 Bar / 224°C dry saturated steam. Connection to the coil is with carbon steel flanges.
2. [OPTION] Test Certificates can be provided only upon request at the time of ordering. Testing is carried out with 30 Bar air under water at 20°C.
3. [OPTION] Control Valves can be provided. These are typically a 3-way cast steel valve controlled by a electric modulating assembly.

Reactivation Fan Specification

1. Reactivation air fans are typically single inlet, single width, Centrifugal type direct driven. Fan housing material is of galvanised steel painted to a thickness of 120 microns. Flexible inlet and outlet connections ensure a minimum level of direct transmitted sound and vibration. The fan assembly is mounted on rubber type anti-vibration mounts.
2. Fans are balanced dynamically to minimum quality level of Q=6.3 positioned over the shaft.



A27147

Release 5.6.0
 AMBEV URY revA
 ICA-3500-120
 Altitude 140 ft

Supply Air Fan

Description:

Fan:
 Size: 445 DWDI
 Type: DWDI BI-AF
 Fan Speed: 958
 Rotation: CW
 Vibration Isolation: Spring

Motor and Drive:
 Motor Power: 50.0 hp
 Motor Speed: 1730 rpm
 Drive Type: Belt Drive

Performance:

Component	Initial	Final
Med Eff Panel Filter	.22	.90
Dehumidifier	1.90	1.90
Total	2.12	2.80
External Static Pressure	1.92	1.24

Fan Performance @ 143 °F

