

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA
Escuela de Ingeniería

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad Química Industrial

**REALIZACIÓN DEL MAPA DE AGUAS RESIDUALES Y BUENAS
PRÁCTICAS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA.**

M^a Magdalena Pérez Cuellar

Bellaterra, febrero del 2012

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1	INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA	5
1.2	SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
1.3	SITUACIÓN ECONÓMICA	6
1.4	INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA Y EL MEDIO AMBIENTE	6
2.	DESCRIPCION Y OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	7
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.2	OBJETIVOS.....	8
3.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	11
3.1	MATERIAL NECESARIO	11
3.2	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	11
4.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	15
4.1	RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS	15
4.2	GRAFICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	20
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
6.	MEJORAS PROPUESTAS	25
6.1	REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LECHE	25
6.2	RECOGIDA DE ARRASTRES DE LAS ENVASADORAS	25
6.3	MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE AZÚCAR	26
7.	ANEXOS	29
7.1	PROCESO INDUSTRIAL DEL YOGURT.....	29
7.2	ESTACION DEPURADORA (EDARI)	42
7.3	pH	43
7.4	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	43
7.5	CAUDAL	43

7.6	COLECTORES	45
8.	CÁLCULOS.....	47
8.1	CÁLCULOS DE LOS CAUDALES	47
8.2	CÁLCULOS DE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCAR	47
9.	PLANOS.....	49
9.1	PLANO DE LA DEPURADORA	49
9.2	PLANO DE LOS COLECTORES DE FÁBRICA.....	51
9.3	PLANO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS	54
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	55

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA

INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA fue fundada en Barcelona en el año 1919, por Luis Megué, momento en el que empezó a fabricar yoghurt, un producto totalmente desconocido en España, pero que tenía una gran historia en países como Grecia, Bulgaria y Turquía, países a los que Megué había tenido ocasión de viajar.

Megué estaba convencido de que su producto era una fuente de vida. A partir de la teorías del profesor Metchnikoff (Premio Nobel de Medicina 1908), que afirmaban que el consumo regular de leche fermentada retrasaba el envejecimiento de las personas, y con su respaldo, Megué empezó a visitar a médicos y farmacéuticos para que le dieran el aval y respaldo a su alimento y poder empezar así a venderlo en farmacias.

Con más de 90 años de experiencia, INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA, se ha convertido en empresa líder dentro del sector alimentario de postres lácteos, siendo pionero en I+D, marketing e ingeniería industrial, con unos objetivos bien definidos como son la seguridad industrial y medioambiental, y su compromiso a nivel de calidad y seguridad de sus productos con los consumidores.

Su gran gama de productos se dirige, especialmente, al consumo de postres lácteos, potenciando el consumo para garantizar salud y bienestar a los consumidores de dichos productos lácteos.

1.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Esta multinacional, tiene sedes en todo el mundo, con más de 100 empresas alrededor del mundo y con 10 centros de I+D también repartidos.

En España hay 5 fábricas, pero este proyecto se ha realizado en la planta que hay en Caldes de Montbui.

Esta planta fue construida en 1982 y dispone de 51.000 m². Se encuentra a 30 kilómetros de Barcelona, por lo que es un centro estratégico europeo de producción de yogurt batido con altos niveles de calidad, flexibilidad y

organización acorde con los protocolos establecidos de seguridad y medioambiente

1.3 SITUACIÓN ECONÓMICA

Los datos económicos de INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA en su planta de Caldes de Montbui se reflejan en la tabla 1.1.

Como se puede observar en dicha tabla esta planta tiene una plantilla de 190 trabajadores y una producción anual de 12.000 toneladas al año.

Tabla 1.1. Datos económicos de Industrias Lácteas Megué, SA en su planta de Caldes de Montbui.

Número de empleados	190
Producción anual	12.000 toneladas
Coste materias primas anual	108.000.000 €
Coste anual electricidad	1.800.000 €
Coste anual gas	780.000 €
Coste anual agua	420.000 €
Coste anual mantenimiento	2.160.000 €

1.4 INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA Y EL MEDIO AMBIENTE

Tratar de mejorar la calidad de vida de los consumidores y, al mismo tiempo, maltratar al Medio Ambiente sería incoherente. De ahí que INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA siempre haya demostrado gran sensibilidad en todos aquellos temas relacionados con el respeto a la naturaleza.

La empresa, por tanto, destina muchos recursos a la conversión del entorno. Hay que tener en cuenta que los objetivos del Sistema Medioambiental de MEGUÉ son muy ambiciosos, ya que pretenden minimizar las emisiones atmosféricas, los vertidos y ruidos, reducir el consumo de agua y otras energías en el paisaje del entorno.

Además, no hay que olvidar que INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA promueve y apoya distintas actividades orientadas a crear una cultura respetuosa con el Medio Ambiente, tanto entre consumidores como entre sus proveedores y empleados.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Dentro de las industrias es muy importante conocer su mapa de circuito de aguas residuales, pues aporta grandes posibilidades para la mejora de la gestión en su depuradora de aguas residuales (EDARI), tanto a nivel de minimización del impacto en la calidad de las aguas de salida de fábrica, como en la minimización en costes, a nivel de materias primas, energías y operaciones propias de la actividad de la EDARI.

Dentro de una fábrica de lácteos existen diferentes efectos medioambientales que se tienen que tener en cuenta.

Los aspectos medioambientales son aquellos que tienen o pueden tener un impacto medioambiental significativo.

Actualmente tienen una gran importancia en la sociedad la cual cosa hace que la empresa intente reducir lo más posible la contaminación ambiental.

Los efectos medioambientales del proceso del yogur se pueden clasificar como:

- consumo de energía
- residuos sólidos
- vertidos de aguas residuales

Los vertidos líquidos son el aspecto que presenta mayor incidencia medioambiental debido al alto volumen de aguas residuales que se generan durante el proceso de fabricación y a su carácter orgánico.

Los vertidos residuales son producidos principalmente en las operaciones de:

- Limpieza de equipos e superficies
- Aguas de refrigeración (cuando no se recuperan)
- Condensados
- Restos de leche

Las empresas normalmente recogen estos vertidos en colectores que van directamente a la planta de tratamiento de aguas residuales, donde reciben un tratamiento posterior.

Para la reducción de vertidos de aguas residuales se ha elaborado un mapa de aguas residuales, para conocer donde se encuentran los puntos críticos en el

proceso de fabricación y así poder minimizarlos, tanto a nivel de mermas como de carga orgánica en la entrada a la EDARI.

En la *tabla 2.1. Efectos medioambientales en cada proceso*, se puede observar un resumen de los efectos medioambientales que presenta cada operación:

Tabla 2.1 Efectos medioambientales en cada proceso.

OPERACIÓN BÁSICA	EFEECTO
Recepción	Vertido de limpieza de las cisternas
Centrifuga-clarificación	Producción de residuo orgánico
Refrigeración	Consumo de agua de refrigeración
Adición de aromas y colorantes	Posibles fugas
Incubación y coagulación	Posibles fugas
	Consumo de aguas de refrigeración
	Consumo de agua
	Vertidos con elevada carga orgánica y productos de limpieza y desinfección

2.2 OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto son:

1. Realización del mapa de aguas residuales con el objetivo de determinar el aporte de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de cada uno de los procesos de fabricación.
2. Realizar una relación de buenas prácticas en la industria láctea.
3. Realizar y proponer mejoras en las instalaciones de los procesos de fabricación para mejorar el rendimiento de los procesos y disminuir el aporte de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

El mapa de aguas residuales es una herramienta necesaria y que deberían tener todas las empresas para poder conocer, minimizar, controlar y actuar en los puntos débiles de sus instalaciones, ya que así se podría reducir las

pérdidas ocasionas por las malas instalaciones o el mal procedimiento de los procesos productivos.

Con este mapa lo que se pretende es conocer cuáles son los procesos de producción que dentro de INDUSTRIAS LACTEAS MEGUÉ, SA están causando una DQO de entrada a depuradora tan alta, para así poder reducirla y optimizar la depuradora, disminuyendo gastos tanto en consumo de energías como de reactivos necesarios para la depuración de las aguas residuales de fábrica.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 MATERIAL NECESARIO

El procedimiento experimental consta de dos partes:

- La toma de muestras
- Análisis de las muestras

Para la toma de muestras el material necesario es el siguiente:

- Cuerda
- Recipiente para la toma de muestras
- Recipientes para el almacenaje de las muestras
- Linterna
- Guantes

Para los análisis el material necesario es el siguiente:

- Kit de DQO Lovibond 2420722 küvettentest, CSB Vario HR, COD Vario
 - Tube test HR 0 – 15.000 mg/l.
- Espectrofotómetro Lovibond, PC CHECKIT, COD Vario.
- Digestor HACH COD Reactor.
- Cronómetro.
- pH-metro CRISON, GLP21 pH.
- Agua destilada.

3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.2.1 TOMA DE MUESTRAS

La primera parte del procedimiento experimental es la toma de muestras, donde se comienza evaluando las necesidades de la fábrica.

Se ha tenido en cuenta que esta fábrica trabaja a tres turnos rotativos, por lo que a la hora de la realización de toma de muestras se ha realizado a diferentes franjas horarias, para así poder obtener unos datos que reflejen la realidad de fábrica. Los horarios elegidos han sido:

- 10:00
- 16:00
- 23:00

Se ha intentado que en estos horarios queden reflejados los procesos que tienen lugar en fábrica, como por ejemplo las descargas de cubas (o cisternas) de leche, que tiene en el turno de mañana su mayor índice de descargas de cubas y siendo en el de noche donde no hay o son mínimas, como se puede observar en la *Figura 3.1. Gráfica de la descarga de cubas.*

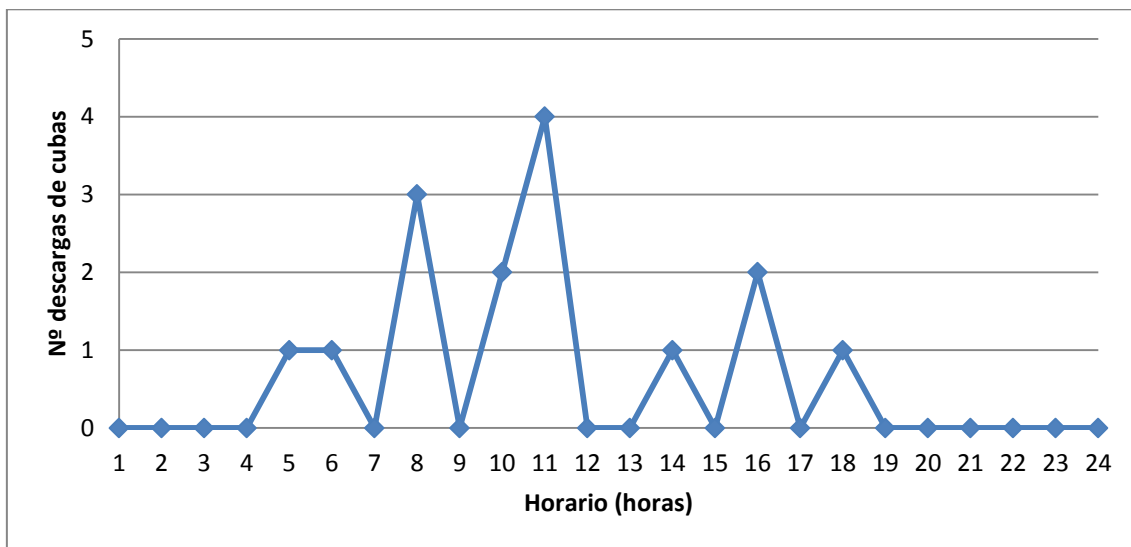


Figura 3.1 Gráfica de la descarga de cubas.

Se han tomado un total de 60 muestras para analizar, en seis colectores diferentes y durante 10 días, y como se ha comentado anteriormente en diferentes horarios. Esto se ve reflejado en la *tabla 4.1. Resultados experimentales de los análisis en los colectores.*

3.2.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS

En lo que se refiere a la toma de muestras, en un principio se pensó en coger de cada proceso de producción los diferentes drenajes que tienen lugar pero son muchos, como se muestra en el apartado 7.9. *Procesos industriales en INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ SA*, y nos encontraríamos con un número muy elevado de muestras y resultados que serían más difíciles de analizar.

Entonces se decidió trabajar a partir del plano de colectores de fábrica, donde después de identificar cada zona, se han elegido diferentes colectores en los cuales van las aguas residuales de diferentes procesos. En la *tabla 7.10. Colectores de fábrica con los procesos que derivan en cada uno*, se muestran los colectores seleccionados y las corrientes que van a cada uno.

La segunda parte de la parte experimental es el análisis de las muestras tomadas en los diferentes colectores, lo que se quiere conseguir es encontrar el colector donde la DQO es más elevada, y a partir de ahí adentrarse en los procesos que derivan en ese.

3.2.3 PARÁMETROS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS

- pH, (ver apartado 7.3 pH)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO), (ver apartado 7.4 *Demanda Química de Oxígeno*)

Durante el análisis de la DQO, se tuvieron que hacer diluciones 1:2 debido a los resultados tan elevados que tenemos.

- Caudal, (ver apartado 7.5 *Caudal*)

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS

El proceso de producción del yogurt, que se encuentra descrito en el *apartado 7.1. Proceso industrial del yogurt*, no es un proceso difícil ni laborioso, pero sí debe ser un proceso que asegure la calidad, tanto a nivel de seguridad alimentaria, asegurando que el producto es apto para el consumo humano, como seguridad medioambiental, pues es un proceso que realizado en malas condiciones puede contaminar mucho, sobre todo los vertidos de aguas residuales.

En la *tabla 4.1 Resultados experimentales de los análisis en los colectores*, se muestran los resultados obtenidos en todos los análisis que se han realizado durante el procedimiento experimental.

Tabla 4.1 Resultados experimentales de los análisis en los colectores.

COLECTOR	FECHA	HORA	pH	DQO (ppm)
1 DEPURADORA	16/6/11	16:00	10,34	11.000
	20/6/11	16:00	12,34	1.090
	21/6/11	16:00	11,61	1.250
	27/6/11	23:00	11,59	8.450
	28/6/11	23:00	9,85	3.030
	30/6/11	23:00	10,47	6.250
	12/7/11	10:00	12,05	10.120
	15/7/11	10:00	11,98	8.120
	20/7/11	10:00	11,54	8.520
	22/7/11	10:00	8,76	4.650
2 ENVASADORAS	16/6/11	16:00	10,54	9.000
	20/6/11	16:00	10,95	4.300
	21/6/11	16:00	11,02	3.160
	27/6/11	23:00	10,36	10.900
	28/6/11	23:00	11,56	9.160

	30/6/11	23:00	9,56	11.680
	12/7/11	10:00	8,75	15.080
	15/7/11	10:00	9,2	7.300
	20/7/11	10:00	10,56	9.560
	22/7/11	10:00	8,5	9.040
3 PROCESOS	16/6/11	16:00	5,19	9.340
	20/6/11	16:00	6,45	6.440
	21/6/11	16:00	10,56	280
	27/6/11	23:00	5,41	10.240
	28/6/11	23:00	9,71	3.140
	30/6/11	23:00	7,59	6.300
	12/7/11	10:00	5,23	12.240
	15/7/11	10:00	5,46	8.520
	20/7/11	10:00	7,96	6.300
	22/7/11	10:00	8,95	4.300
4 CIPS	16/6/11	16:00	11,97	2.960
	20/6/11	16:00	12,45	8.960
	21/6/11	16:00	10,22	50
	27/6/11	23:00	10,23	2.720
	28/6/11	23:00	11,15	4.580
	30/6/11	23:00	10,96	3.180
	12/7/11	10:00	11,06	7.280
	15/7/11	10:00	12,65	3.120
	20/7/11	10:00	10,54	2.240
	22/7/11	10:00	11,62	4.080
5 DESCARGA - CORROSIVOS	16/6/11	16:00	12,58	1.280
	20/6/11	16:00	12,18	980
	21/6/11	16:00	12,22	240
	27/6/11	23:00	10,56	50
	28/6/11	23:00	9,84	50
	30/6/11	23:00	10,26	100
	12/7/11	10:00	11,26	3.420
	15/7/11	10:00	12,54	1.900
	20/7/11	10:00	11,69	2.280
	22/7/11	10:00	12,03	1.560

6 STOCK LECHES - NORMALIZACIÓN	16/6/11	16:00	5,6	3.080
	20/6/11	16:00	3,5	4.920
	21/6/11	16:00	6,41	4.300
	27/6/11	23:00	5,43	1.900
	28/6/11	23:00	8,52	2.240
	30/6/11	23:00	6,52	1.700
	12/7/11	10:00	7,93	2.280
	15/7/11	10:00	6,45	3.380
	20/7/11	10:00	7,92	4.100
	22/7/11	10:00	7,58	3.480

Los cálculos de los caudales se pueden ver en el apartado 7.6 Caudales, siendo la *Tabla 4.2 Colectores con los procesos y caudales que derivan en el*, una tabla resumen.

Tabla 4.2 Colectores con los procesos y caudales que derivan en el.

COLECTOR	PROCESOS	CAUDAL (m³/día)
1 DEPURADORA	Entrada a depuradora	840,03
2 ENVASADO	Lanzamiento a envasadoras	13,40
	Cambios de especialidad	19,11
3 PROCESOS	Pre tratamiento térmico	4,24
	Pasteurización	135,00
	Enfriamiento	51,69
4 CIPS	CIP 10	82,92
	CIP 30	49,72
	CIP 50	295,56
5 DESCARGA - CORROSIVOS	Descarga de leche	121,31
	Corrosivos	-----
6 STOCK LECHE - NORMALIZACIÓN	Stock leche	17,08
	Normalización	50,00

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 4.1 *Resultados experimentales de los colectores* y 4.2 *Colectores con los procesos y caudales que derivan en el*, se ha realizado la media ponderada y hemos obtenido la tabla 4.3 *Media ponderada de los resultados experimentales*.

Tabla 4.3 Media ponderada de los resultados experimentales.

COLECTOR	CAUDAL (m³/día)	pH	DQO (ppm)
1 DEPURADORA	840,03	11,05	6.245
2 ENVASADO	32,51	10,10	8.918
3 PROCESOS	190,93	7,25	6.418
4 CIPS	428,20	11,29	3.917
5 DESCARGA - CORROSIVOS	121,31	11,52	1.186
6 STOCK LECHES - NORMALIZACIÓN	67,08	6,59	3.138

Lo ideal para un buen funcionamiento y un mayor rendimiento de la depuradora sería una DQO de entrada inferior a 5.000 ppm, todo lo que sea por encima de este valor, nos está generando un gasto extra, tanto en reactivos como en consumo de energía, y nos está indicando que tenemos pérdidas o fugas en los procesos de producción. Como se puede observar en la tabla 4.4 *Resumen resultados diarios EDARI*, los valores generalmente son superiores a 5.000 ppm. Estos resultados son los analizados por el laboratorio de fábrica de las muestras que se toman representativamente a la entrada de la depuradora cada día.

Tabla 4.4 Resumen resultados diarios a la entrada de la EDARI.

FECHA	DQO	pH	Conductividad (mS)	Contador (m³)
16/6/11	7.820	11,84	5,46	571
20/6/11	4.780	11,89	5,30	869
21/6/11	3.270	11,50	4,44	1151
27/6/11	11.110	12,05	5,95	822
28/6/11	7.160	11,77	3,95	1186
30/6/11	7.980	11,50	6,15	1222
12/7/11	9.460	11,42	3,80	1186

15/7/11	8.350	12,04	6,08	1064
20/7/11	7.080	12,02	5,29	1040
22/7/11	6.330	9,90	3,72	1115

Como se puede observar en las *tablas 4.3. Media ponderada de los resultados experimentales* y *4.4. Resumen resultados diarios a la entrada de la EDARI*, el caudal a la entrada de la depuradora tiene un desvío del 17,85%. Esto es debido a que en la *tabla 4.3. Media ponderada de los resultados experimentales*, lo que se ha hecho es calcular una aproximación del caudal que se genera, pero este no es exacto, pues dependiendo de los días y los problemas que se produzcan en fábrica estos pueden variar pues varían las limpiezas, las descargas, los tratamientos térmicos, etc..., en general los procesos que se realizan al día.

Tampoco se han tenido en cuenta en el cálculo la cantidad de agua que se consume diariamente en limpiezas externas de suelos e instalaciones con mangueras., esta cantidad se podría determinar poniendo caudalímetros en las diferentes mangueras de la fábrica.

Respecto al desvío de DQO que se observa, que es de un 14,85%, puede ser debido a la toma de muestras, ya que las que se han analizado para este proyecto han sido en horas concretas, aunque se ha intentado que sean lo más representativas posibles.

Durante el análisis de los puntos críticos de pérdidas de materia orgánica, se descubre otro punto crítico, el almacenamiento y dosificación de azúcar.

Este proceso consta de dos silos de almacenamiento de 65.000 Kg de capacidad, y cada silo tiene un tornillo sinfín para la dosificación del azúcar.

El problema que se observa es que al incorporar el azúcar el sinfín se emboza, debido a la humedad o al mal funcionamiento del sinfín, siendo el único modo de arreglar este problema desembozar el sinfín desmontándolo y tirando el azúcar, unos 300 Kg en cada ocasión.

El azúcar resultante se tira directamente al suelo limpiándolo con agua y llevándolo a un colector que deriva directamente a la entrada de la depuradora. Debido a que dicho colector está muy mal ubicado y es muy difícil de acceder a él para la toma de muestras, lo que se hace es una curva de calibración de la concentración del azúcar vs a la DQO que obtenemos, así al conocer la

cantidad diaria que se tira de azúcar, conocemos la DQO que esto nos provoca.

Los cálculos para obtener la curva de calibración se encuentran en el apartado 8.2. *Cálculos de la concentración de azúcar.*

La recta de calibración que hemos obtenido ha sido:

$$\text{DQO (ppm)} = 1,013 * \text{CONCENTRACIÓN AZÚCAR (ppm)} + 1504$$

Se ha calculado que la cantidad diaria que se está tirando de azúcar es de aproximadamente 300 Kg, esto nos conlleva una DQO de 1801,17 ppm. En el apartado 8.2. *Cálculos de la concentración de azúcar*, se pueden ver los cálculos realizados.

Esto también sería otro de los motivos de la diferencia de DQO, teniendo en cuenta que la cantidad de azúcar puede variar en función del funcionamiento de fábrica y las demandas de producción.

4.2 GRAFICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la *Tabla 4.7 Porcentaje de caudales en los colectores*, se puede observar el porcentaje que cada colector que deriva a la depuradora:

Tabla 4.7 Porcentaje de caudales en los colectores.

COLECTOR	% CAUDAL (m³/día)
CIP'S	51%
PROCESOS	23%
DESCARGA – CORROSIVOS	14%
STOCK LECHE – NORMALIZACIÓN	8%
ENVASADO	4%

Y el *Figura 4.8 Gráfica de caudales*, se puede ver la representación gráfica de los colectores que entran a la depuradora.

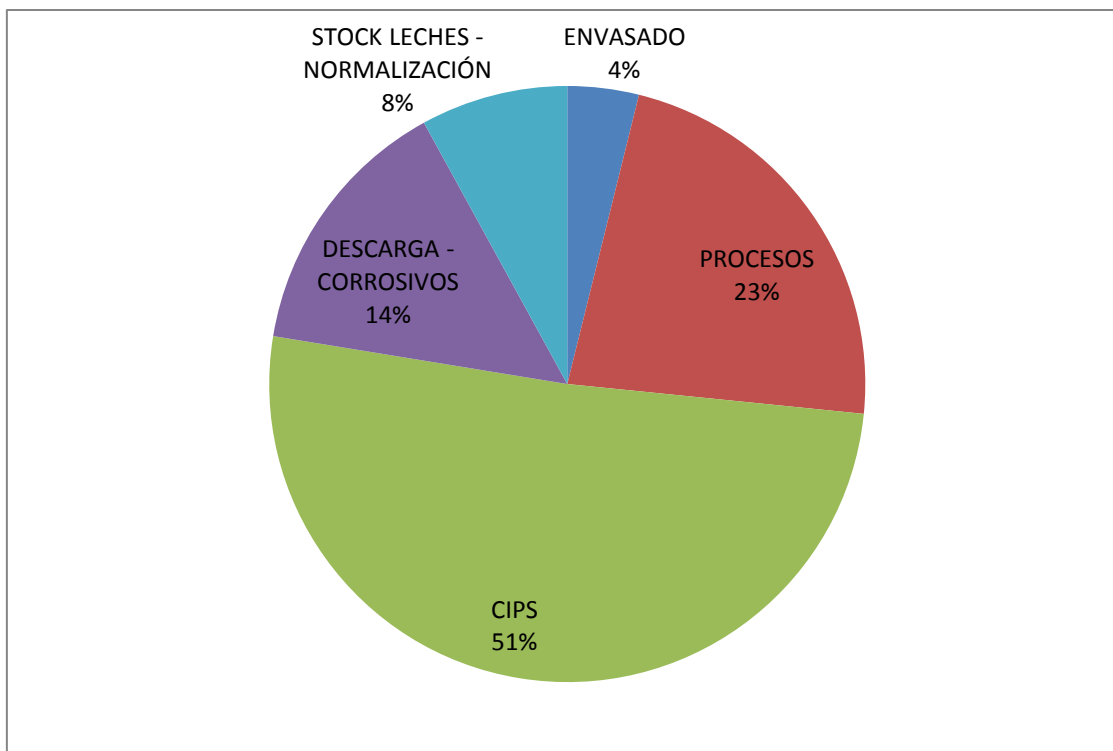


Figura 4.8 Gráfica de los caudales

En la *Tabla 4.9 Porcentaje de DQO que entra en la depuradora*, se observa de cada colector la DQO que tendrá respecto al caudal que tenga en la depuradora.

En el apartado 8.1. *Cálculos de los caudales*, se pueden ver los cálculos que se han realizado para obtener el % de DQO.

Tabla 4.9 Porcentaje de DQO que entra en la depuradora

COLECTOR	CAUDAL (m ³ /día)	DQO (ppm)	DQO
CIP'S	428,19	3916	1996,19
PROCESOS	190,90	6710	1524,92
DESCARGA – CORROSIVOS	121,31	1186	172,28
STOCK LECHEs – NORMALIZACIÓN	67,08	3138	250,6
ENVASADO	32,51	8918	345,19
AZÚCAR			1801,17

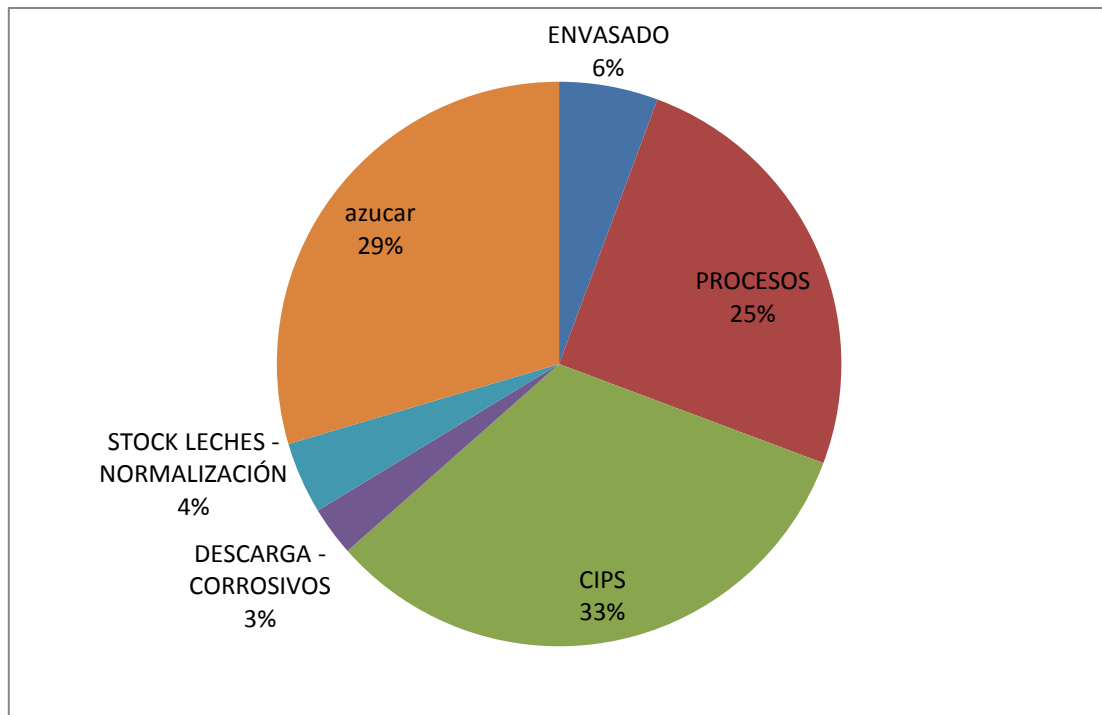


Figura 4.10 Gráfica del porcentaje de DQO a la entrada de la depuradora

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de analizar los resultados obtenidos podemos observar que en cada uno de los procesos hay efectos medioambientales.

Como se puede observar en la *Gráfica 4.10 Gráfica del porcentaje de DQO a la entrada de la depuradora*, los colectores con más incidencia de DQO en la depuradora son CIP's (33%), azúcar (29%) y procesos (25%).

En lo que se refiere a las CIP's, se tendrá que optimizar los programas de limpieza, para disminuir tanto la DQO como la cantidad de m³ de agua que se desperdician al día, tirándolos a la depuradora, siendo un gasto excesivo de agua.

Con el colector de procesos, la mayoría de fugas que se ha podido apreciar han sido por deficiencias en las válvulas, bombas e instalaciones en general que presentan fugas por el mal mantenimiento que tienen. Aquí se recomiendan acciones de prevención corrección para minimizar las pérdidas de materia orgánica así como un ajuste de los arrastres, tanto iniciales como finales, de cada proceso, como se comenta en el apartado *6.1 Reducción de las pérdidas de leche*. Si se tienen en cuenta estas pequeñas mejoras se conseguirá disminuir la DQO de este colector.

Otro de los puntos críticos es la DQO que proviene de la pérdida de azúcar en el proceso de estandarización del producto. Este punto es uno de los más críticos, pues aporta una gran cantidad de materia orgánica a la depuradora. En el apartado *6.3 Minimización de los residuos de azúcar*, se proponen mejoras para minimizar y eliminar este aporte de materia orgánica a la depuradora.

En el colector de envasado, aunque la DQO es elevada, el aporte de materia orgánica a la depuradora es de tan sólo un 6%, aunque se podría disminuir con una instalación de recogida de arrastres como se comenta en el apartado *6.2 Recogida de arrastres de las envasadoras*.

Si se elimina la DQO que proviene del azúcar (29%) y se reducen las que provienen de proceso (25%) y de envasado (6%) a un 50%, podríamos estar hablando de una reducción de la DQO a la entrada de la depuradora de un 40% aproximadamente, optimizando el funcionamiento de la depuradora, reduciendo costes en reactivos y eliminando mermas no controladas.

También se reduciría considerablemente el consumo de agua que se gasta en la fábrica si como se ha comentado anteriormente se hiciera un nuevo programa del funcionamiento de las CIP's, lo cual también reduciría la DQO que aportan estos procesos, lo que al final se traduce en una disminución de consumo de agua y DQO a la entrada de la depuradora y una reducción de mermas de materias primas y productos acabados.

6. MEJORAS PROPUESTAS

6.1 REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LECHE

Para llevar a cabo las medidas de reducción del vertido de leche se pueden implantarse las siguientes medidas:

- Procedimientos de operación:
 - ✓ Comprobar la correcta colocación de mangueras antes de abrir paso a la leche en el proceso de descarga de cubas.
 - ✓ Evitar los derrames de leche cuando se desconectan las mangueras y tuberías.
- Mantenimientos de equipos e instalaciones:
 - ✓ Instalar grifos con cierres herméticos y evitar las fugas tanto de los grifos como de los equipos y conducciones.
 - ✓ Reparar los desperfectos que producen goteos y pérdidas de leche lo antes posible.
 - ✓ Realizar un mantenimiento preventivo para evitar goteos y pérdidas.
- Segregación de corrientes:
 - ✓ Instalar bandejas para recoger los goteos y derrames de la leche.
 - ✓ Disponer de un sistema de recogida de la leche vertida independiente del de las aguas residuales (ver 6.2. *Recogida de arrastres de las envasadoras*).
- Control de pérdidas:
 - ✓ Instalar en los tanques y depósitos dispositivos de alarma de desconexión automática para evitar derrames.
 - ✓ Establecer indicadores (por ejemplo, cantidad de leche recibida / cantidad de leche procesada).

6.2 RECOGIDA DE ARRASTRES DE LAS ENVASADORAS

Esta mejora consistiría en la recogida de las aguas resultantes de los arrastres (iniciales y finales) en lanzamientos a las envasadoras y también en las aguas resultantes de los cambios de especialidad (que llevan trozos de fruta).

Se tendría que tener en cuenta la conductividad de estas aguas, pues no nos interesan que tengan un extracto seco muy elevado, ya que el precio del tratamiento como residuo depende de la cantidad de agua que lleve.

Este nuevo proceso constaría de un depósito con una capacidad de 25 m³, que es aproximadamente la cantidad que puede transportar una cisterna. Aquí se tendría que incorporar una bomba para impulsar el residuo a la cisterna y una manguera para conectarla a la cisterna.

Una línea de recogida, que partirá de la sala de envasado, pasando por cada una de las envasadoras.

En la salida de cada envasadora habría una bomba, un conductivímetro y una válvula que desviaría las aguas al colector si no tenemos la conductividad deseada, o si hubiera alguna avería en la línea de recogida.

En el apartado 9.3 *Plano de la recogidas de arrastres de las envasadoras*, podemos ver un dibujo aproximado de cómo sería la instalación necesaria para esta mejora.

Para conocer un coste aproximado de cada cisterna, nos hemos puesto en contacto con PROMIC, SA y nos ha dado los siguientes datos:

- *Cubas de promic:*
Cada cuba nos cuesta aproximadamente 820 €. Son cubas de 25 Tn.
Retirada del tanque: 25 €/Tn
Transporte: 250 €

PROMIC, SA evaporan el residuo lácteo no conforme y hacen un producto para granjas (comida para animales).

6.3 MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE AZÚCAR

Esta mejora consistiría en dar a los operarios cursos sobre buenas prácticas de trabajo. En estos cursos se les explicaría y enseñaría a los operarios, tanto de mantenimiento como de proceso, lo importante que es que estos residuos de azúcar sean recogidos y tratados como un residuo sólido, ya que sino el impacto medioambiental que ocasiona su mala gestión es muy elevado. Con estas formaciones lo que se debe intentar es implicar al operario en la gestión medioambiental.

Otro punto de mejora es el mantenimiento correctivo de las instalaciones que transportan el azúcar en el proceso donde esta se necesita. Teniendo las instalaciones en buen estado y evitando las continuas averías, también se minimizan los residuos de azúcar que resultan de las averías.

Estas mejoras son fáciles y no necesitan de gran inversión para llevarlas a cabo.

También se podría mirar en la bolsa de subproductos de la Generalitat de Catalunya, si existe alguna empresa que desee comprar el azúcar como materia prima.

7. ANEXOS

7.1 PROCESO INDUSTRIAL DEL YOGURT

Existen tres procesos diferentes de la elaboración del yogurt, dependiendo del producto final que se desee obtener. Los diferentes productos finales son:

- Yogurt Firme: Se incuba directamente en el envase en el que posteriormente se consumirá.
- Yogurt Batido: Se incuba en reactores donde fermenta y posteriormente se pasa por enfriadores para que quede con un aspecto batido y a continuación se envasa.
- Yogurt Líquido: Se incuba en reactores donde fermenta homogeneizándolo posteriormente para romper el coágulo formado. Este producto se conoce comúnmente como el yogurt bebible, pues es líquido.

La figura 7.1 muestra el diagrama de proceso para la fabricación del yogurt batido, que es el que se realiza en la planta de Caldes de Montbui.

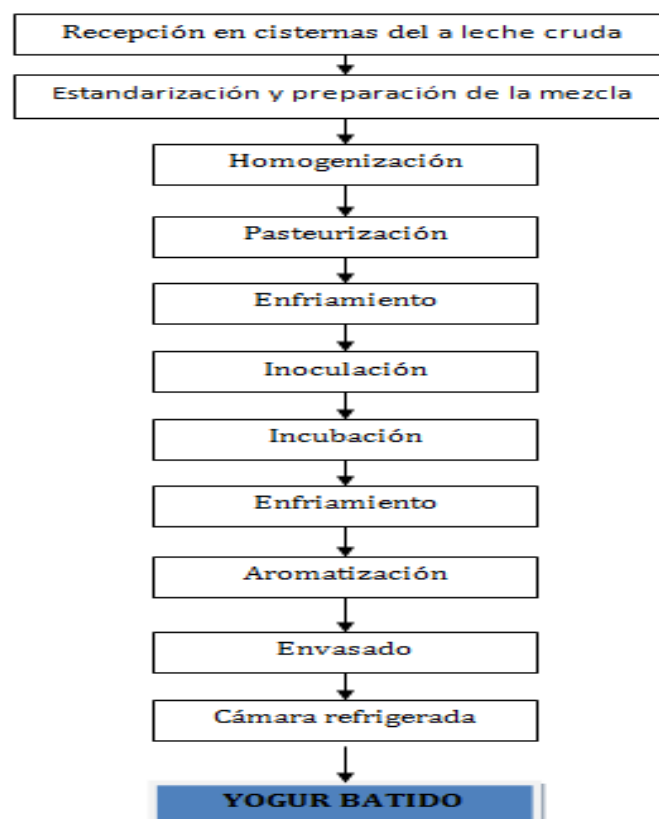


Figura 7.1 Diagrama de flujo de la fabricación del yogurt batido.

3.3.1 RECEPCION DE LA LECHE.

La leche llega a la industria en cántaras o en cisternas (ver figura 7.2). Actualmente las cántaras están en desuso.

Lo primero que se hace en la recepción es determinar la cantidad de leche recibida para poder comparar después con la cantidad de producción terminada. Seguidamente se analiza. La leche cruda debe ser de la más alta calidad bacteriológica.



Fig. 7.2 Camión cisterna.

Debe tener un bajo contenido en bacterias y sustancias que puedan impedir el desarrollo de los cultivos típicos del yogur (antibióticos, residuos de sustancias de limpieza, enzimas, bacteriófagos,...).

Es muy importante que la leche no contenga

Durante la descarga de la leche recibida se realiza una filtración de la leche para evitar el ingreso de partículas gruesas al proceso.

7.1.2 ESTANDARIZACIÓN Y PREPARACION

- **Pre tratamiento térmico de la leche.**

A la leche que se acaba de descargar se le debe hacer un pre tratamiento térmico para matar una parte de los microorganismos de la leche, higienizarla y/o desnatarla (obtener por separado leche entera, leche desnatada o nata), y así poder conservarla hasta su utilización.

Dentro de este proceso y antes de pre pasteurizarla, la leche pasa por la desnatadora, y dependiendo del tipo de leche que deseemos obtener (leche entera o leche desnatada) la desnatadora tendrá una función de trabajo u otra:

- Leche entera: entra a la desnatadora, precalentada previamente por el intercambiador de placas, y la higienizamos, separando la leche desnatada por un lado, la nata por el otro y juntándolas de nuevo en el tubo de salida, mandándola después al intercambiador de placas.

- Leche desnatada y nata: la leche entra a la desnatadora, precalentada, y separamos la leche desnatada por un lado y la mandamos al tubo de salida para hacerle el pre tratamiento. La nata que se ha separado se manda a otros depósitos después de darle un tratamiento térmico de 95°C durante 15 minutos y enfriándola después a no más de 2°C, que se vuelve a utilizar un intercambiador a placas, y se almacena en depósitos hasta su utilización para la elaboración de los productos.

- ***Estandarización de la leche***

En la estandarización se regula el contenido de grasas y proteínas. Se agrega azúcar o edulcorantes de acuerdo al tipo de producto a elaborar, y se regula el contenido de extracto seco mediante la agregación de leche en polvo u otros concentrados derivados de la leche en polvo, concentración realizada por técnicas de filtración a través de membranas o sustracción del agua por evaporación.

- ***Equipos***

- *La desnatadora.*

La desnatadora es un equipo encargado de la separación continua por centrifugación de los glóbulos de grasa de la leche, permitiendo obtener a partir de la leche entera, leche desnatada y nata.

La leche entera entra en el tambor en rotación y se conduce por el tubo de alimentación hasta la entrada del juego de platos. Desde allí, se introduce en los platos a través de los canales ascendentes y por la fuerza centrífuga se separan las partículas sólidas, hacia la periferia de la centrifuga, y la grasa hacia el eje de rotación.

La nata continua hacia arriba, cercana al eje de rotación, hasta salir de la centrifuga. La leche desnatada se mueve hacia el espacio exterior del paquete de discos y desde allí, pasa por encima del plato separador y se dirige la línea de salida.



Fig. 7.3 Fotografías de desnatadoras.

○ *Intercambiador de placas.*

En la industria Láctea se pueden encontrar distintos tipos de intercambiadores de calor. Los más importantes son los intercambiadores a placas, aunque también se pueden utilizar los de superficie rascada y los tubulares.

El intercambiador de calor a placas consta de un paquete de placas de acero inoxidable, agrupadas en el interior de un bastidor. El bastidor puede contener varios paquetes de placas separados, formando secciones, en las cuales se efectúan diversos procesos de intercambio térmico (precalentamiento, calentamiento, pasterización / esterilización, enfriamiento...).

Entre las placas circula el medio calefactor o refrigerante y el producto. A través de ellas tiene lugar la transferencia de calor.

Para aumentar la superficie de intercambio las placas están corrugadas, obteniendo un flujo turbulento que favorece la transmisión de calor y evitando al mismo tiempo corrientes preferenciales.

Los líquidos entran y salen de las vías a través de los portillos que están situados en los extremos de las placas. Las juntas colocadas en los bordes de las placas y portillos limitan las vías y evitan goteos.

El producto entra por un portillo en la primera vía y fluye verticalmente por dicha vía. Sale a través del portillo situado en el otro extremo. La disposición del paso de los portillos hace de manera tal que el producto pase por vías alternadas en el paquete de placas.

El medio calefactor/refrigerante, se introduce por el otro extremo de la sección y pasa por ella de la misma forma, es decir a través de vías alternas. Por lo

tanto cada canal por donde circula el producto se encuentra entre dos vías de medio calefactor/refrigerante.



Figura 7.4 Intercambiador de placas.

7.1.3 HOMOGENIZACIÓN

La homogenización consiste en evitar la separación de la nata y favorecer una distribución uniforme de la materia grasa. Durante esta operación, el diámetro de los glóbulos grasos se reduce de 10 a 1 μm . Este efecto se consigue haciendo pasar la leche por pequeñas ranuras a alta presión. La grasa dispersa en la leche tiene una tendencia a ascender a la superficie a mayor velocidad, cuanto mayor es el tamaño de los glóbulos de grasa, por lo que la reducción del tamaño ayuda a prolongar el estado estable de la leche.

El número de glóbulos grasos en la leche homogenizada es, aproximadamente, 10.000 veces superior al de la leche sin tratar. El área total de interface entre los glóbulos grasos y el suero de la leche se va incrementada también por el factor 10.

Los factores que influyen en la estabilidad:

- Temperatura; a mayor temperatura menos grumos se forman.
- La abundancia de los glóbulos de grasa. En la leche desnatada la uniformidad es superior y más fácil de conseguir.
- Cuanto menor es la distancia entre los glóbulos.
- Cuanto más deficiente es el reparto de grasa.

La homogenización presenta muchas ventajas sobre la estructura de la leche:

- Distribución uniforme de la grasa, sin formación de nata en la superficie.
- Color más blanco y atractivo. Esto es debido por una parte a que los pigmentos que dan color blanco a la leche son solubles en la grasa (liposolubles), por lo que el blanco es uniforme. A su vez son hidrosolubles algunos pigmentos de color entre verde y amarillo ligeramente fluorescentes que se vislumbran con facilidad en la leche con alto grado de desnate y que se verán si la grasa no está bien distribuida.
- Coagulación más rápida cuando se elabora queso con cuajo.
- Reducción de la sensibilidad a los procesos de oxidación.
- Sabor con más cuerpo.

Desventajas asociadas al proceso de homogenización:

- La leche no puede ser desnatada de forma eficiente.
- Aumenta la sensibilidad a la luz del sol, con lo que puede aparecer sabor metálico.
- Baja estabilidad térmica de las proteínas.

Esta última desventaja nos indica que la homogenización se debe realizar en la última etapa de la producción de leche esterilizada, ya que si no existiría un riesgo alto de coagulación de las proteínas a las temperaturas elevadas a las que se desarrolla el proceso de esterilización, produciéndose sedimentos proteicos en los envases de leche.

El efecto de homogenización resultante es debido ha:

- El paso a través del estrecho espacio existente en la cabeza de homogenización, a velocidades altas, somete los glóbulos de grasa a poderosas fuerzas de cizallamiento, que deforman, alargan y rompen los glóbulos esféricos.
- La aceleración del líquido en el citado espacio viene acompañada de una caída de presión, posiblemente por debajo de la presión de vapor de la grasa. Esto provoca el fenómeno de cavitación, por lo cual los glóbulos se ven sujetos a poderosas fuerzas de impulsión.

- **Equipos**

- *El homogenizador.*

Los principales componentes del homogenizador son una bomba de alta presión y el cabezal de homogenización.



Fig. 7.5 Sistema de homogenización.

La bomba positiva empuja el volumen de la leche hasta el reducido espacio que le permite la válvula llamada de homogenización. Como el paso está estrictamente para el fluido, se concentra gran fuerza en muy poca superficie, con lo

Como la bomba de pistones es de caudal constante, el fluido no tiene más remedio que pasar por la válvula de homogenización, produciéndose así la ruptura de las partículas de la fase discontinua en partículas más pequeñas. Esta dificultad al paso de fluido que presenta la válvula de homogenización es la que genera las altas presiones dentro del cabezal de compresión.

7.1.4 PASTEURIZACIÓN

La pasteurización es el proceso térmico realizado a líquidos (generalmente alimentos) con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener, tales como bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc. El proceso de calentamiento recibe el nombre de su descubridor, el científico-químico francés Louis Pasteur (1822-1895). La primera pasteurización se completó el 20 de abril de 1882 por el mismo Pasteur y su compañero Claude Bernard.

Los objetivos de la pasterización son:

- Eliminación de microorganismos patógenos.
- Desnaturalizar las proteínas del suero para mejorar la textura del producto final y para ayudar a evitar la separación del suero durante la conservación del yogur (especialmente en el yogur firme o compacto).
- Hidratar los estabilizantes (añadidos anteriormente) que se disuelven en caliente.

- **Pasteurización del yogurt**

Para que el yogurt adquiera su típica consistencia no sólo es importante que tenga lugar la coagulación ácida, sino que también se ha de producir la desnaturalización de las proteínas del suero, en especial de la β -lactoglobulina. Como es sabido, esto se produce a temperaturas aproximadas a 75°C, consiguiéndose los mejores resultados de consistencia (en las leches fermentadas) a una temperatura entre 85 y 95 °C. El tratamiento térmico óptimo consiste en calentar a 92 °C y mantener esta temperatura durante 15 minutos. Esta combinación temperatura/tiempo también se emplea en la preparación del cultivo y es muy habitual en los procedimientos discontinuos de fabricación de yogurt. En los procedimientos de fabricación continua se suele mantener esta temperatura de 95/96 °C sólo durante un tiempo de 5 minutos con el fin de conseguir un mejor aprovechamiento tecnológico de la instalación.

Muchas fábricas aplican temperaturas mayores a 100°C. Esta práctica no es aconsejable debido a que no consigue incrementar el efecto, pero puede provocar la desnaturalización de la caseína, lo que se traduce en una reducción de la estabilidad del gel ácido.

Las proteínas desnaturalizadas del suero, por el contrario, limitan la sinéresis (*) del coágulo y reducen por tanto la exudación de suero. Es un punto crítico de control, pues es el punto donde se eliminan todos los microorganismos patógenos siendo indispensable para asegurar la calidad sanitaria e inocuidad del producto.

El primer enfriamiento, es un punto de control porque asegura la temperatura óptima de inoculación, permitiendo la supervivencia de las bacterias del inóculo. Como se mencionó, se enfría hasta la temperatura óptima de inoculación (42-45°C) o generalmente hasta unos grados por encima y luego es enviada a los tanques de mezcla.

- **Equipos**

- *Intercambiador de placas.*

Este equipo ya se ha comentado en el apartado 7.1.2 *Equipos*.

7.1.5 ENFRIAMIENTO

En este primer enfriamiento lo que se asegura es la temperatura óptima de incubación, permitiendo la supervivencia de las bacterias del inóculo. Se enfría, mediante una de las etapas del intercambiador a placas que se utiliza en la etapa de pasteurización, hasta la temperatura óptima de inoculación (42-45°C),

7.1.6 FERMENTACIÓN E INCUBACIÓN

El proceso de incubación se inicia con el inóculo de los fermentos. Se caracteriza por provocarse, en el proceso de fermentación láctica, la coagulación de la caseína de la leche. El proceso de formación del gel se produce unido a modificaciones de la viscosidad y es especialmente sensible a las influencias mecánicas. En este proceso se intenta siempre conseguir una viscosidad elevada para impedir que el gel pierda suero por exudación y para que adquiera su típica consistencia. Se desarrolla de forma óptima cuando la leche permanece en reposo total durante la fermentación.

La mayoría de los procedimientos de elaboración son, por esta razón, de tipo discontinuo en cuanto al proceso de fermentación. Según el producto a elaborar y el tipo de instalación se van a poder realizar la incubación y la fermentación de las siguientes maneras:

- En los envases de venta al por menor (yogur consistente).
- En tanques de fermentación (yogur batido y yogur para beber).

Es un punto de control ya que, determinada la cantidad de inóculo y la temperatura óptima de crecimiento, queda determinado el tiempo y se debe controlar junto con la temperatura para no generar un exceso de ácido láctico.

La leche con el fermento se debe mantener a 43°C hasta que alcance un pH igual o menor a 4.6 (según especificaciones del producto). Por lo general se logra en 6 horas (dependiendo de la temperatura de siembra, cantidad añadida de fermento y tipo de cepa).



Fig. 7.6 Tanques de fermentación de yogur batido.

7.1.7 ENFRIAMIENTO

Este segundo enfriamiento se realiza cuando hemos conseguido el pH deseado, según cada especificación del producto que se esté fabricando. Este pH suele estar comprendido entre 4,6-4,7.

El enfriamiento se ha de realizar con la mayor brusquedad posible para evitar que el yogur siga acidificándose en más de 0,3 pH. Se ha de alcanzar, como mucho en 1,5-2,0 horas, una temperatura de 15°C. Este requisito es fácil de cumplir cuando se elabora yogur batido o yogur para beber, por poderse realizar, en estos casos, la refrigeración empleando intercambiadores de placas.

El yogurt batido se almacenará en un depósito hasta que sea envasado.

Si la incubación se desarrolla dentro del envase, se inicia el enfriamiento en la cámara de incubación mediante la introducción de aire frío, continuándose después en cámaras de refrigeración. Una vez realizada la pre-refrigeración, se deja reposar el yogur durante aproximadamente 2 horas para que se desarrolle la formación del aroma. A continuación se almacena en condiciones de refrigeración profunda a 5°- 6°C.

Transcurridas de 10 a 12 horas de almacenamiento, el yogur estará listo para la expedición. Se debe controlar la temperatura a la cual se enfría el producto para detener la fermentación.

Si por el contrario se trata de un yogurt líquido, antes de empezar el enfriamiento se deberá romper el coagulo formado en la etapa previa mediante una homogenización.

- **Equipos**

- Intercambiador de placas.

Este equipo ya se ha comentado en el apartado 7.1.2 *Equipos*.

7.1.8 ENVASADO Y CONSERVACIÓN EN CÁMARAS

- **Adición de frutas y/o aromas**

A fin de mejorar la calidad y presentación del yogurt se le puede adicionar fruta procesada en trozos, la proporción de 6-10% dependiendo de la formulación del producto y el coste de la fruta.

También se le pueden agregar aromas, teniendo cuidado que sean siempre de uso alimentario.

Esta adición se realiza utilizando mezcladores dinámicos.

- **Envasado**

Es una etapa fundamental en la calidad del producto, debe ser realizada cumpliendo los principios de sanidad e higiene.

Se controla el cerrado hermético del envase para mantener la inocuidad del producto. Se debe controlar que el envase y la atmósfera durante el envasado sean estériles. En el producto firme se envasa antes de la fermentación o luego de una pre-fermentación y en la misma envasadora se realizan los agregados de fruta según corresponda; en el batido se envasa luego de elaborado el producto.

El envase es la carta de presentación del producto, hacia el comprador, por lo tanto, deberá elegirse un envase funcional, operativo y que conserve intactas las propiedades iniciales del producto.

En esta etapa se realizaran controles de calidad de producto acabado (fugas, decoración, papel, etc.).

- **Conservación en cámaras**

Es un punto crítico de control, ya que la refrigeración adecuada y a la vez la conservación de la cadena de frío aseguran la calidad sanitaria desde el fin de la producción hasta las manos del consumidor. El yogur elaborado bajo condiciones normales de producción se conserva, a temperaturas de almacenamiento $\leq 8.C$, por un tiempo aproximado de una semana.

La tendencia a concentrar la producción, requisito indispensable de las instalaciones modernas de producción, la creciente variedad de productos y el cada vez mayor ámbito de distribución de los mismos hacen necesario alargar el tiempo de conservación a 3-4 semanas.

Si se cumplen con las condiciones antes mencionadas el tipo de vida útil del producto, será aproximadamente de 21 días.

7.1.9 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad en un proceso productivo de yogurt debe ser minucioso desde la materia prima, que es la leche, hasta el producto final incluyendo cada etapa del proceso.

Se verifica la calidad fisicoquímica y microbiológica de las materias primas antes del procesamiento.

Los principales análisis que se deben realizar a la leche son: acidez, grasa, densidad, pH, detección de antibióticos, células somáticas y recuento bacteriano.

Durante el proceso se debe cumplir con el control de parámetros técnicos como, tiempos, temperaturas, pH y normas sanitarias.

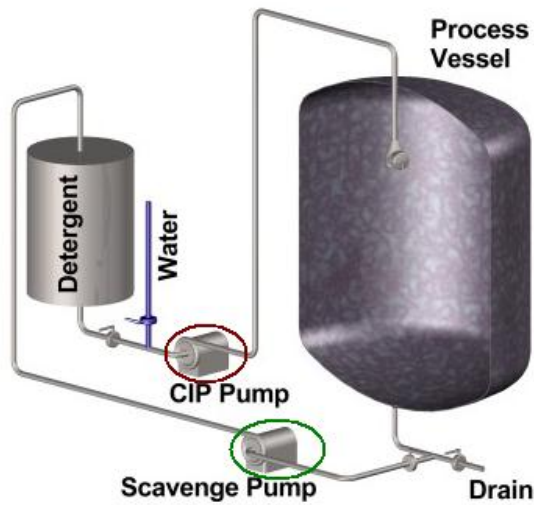
Asimismo, se cogerán muestras para control microbiológico de cada proceso y por duplicado.

En cuanto al producto final, se evalúan los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos. También se realiza un chequeo del aspecto visual del producto (fugas, decoración, papel, etc.).

7.1.10 SISTEMAS DE LIMPIEZA CIP (*clearing in place*)

El sistema de limpieza CIP consiste en la recirculación de líquidos de limpieza a través de las máquinas y otros equipos.

Funciona sin necesidad de que el equipo se desmonte. Una bomba lleva al



detergente al reactor o equipo a limpiar, y lo rocía sobre las superficies de las paredes internas más altas, dejándolo bajar hasta el fondo. Luego, otra bomba succiona el detergente con la suciedad y lo lleva a tratar o al alcantarillado.

Los siguientes factores son los que condicionan que se pueda limpiar con un mismo circuito de limpieza:

Fig. 7.7 Esquema de la CIP

- Los residuos de los depósitos (o equipos), deben de ser del mismo tipo para poder utilizar el mismo detergente.
- Las superficies a limpiar deben de ser del mismo material o como mínimo, compatibles con el mismo detergente y desinfectante a utilizar.
- Todos los componentes a limpiar por el mismo circuito deben estar disponibles al mismo tiempo. Aunque se pueden realizar diferentes circuitos de limpieza que pueden trabajar en momentos distintos.

En la fábrica de Caldes de Montbui, se dispone de tres CIP'S:

- CIP 10: Para instalaciones que por donde haya pasado leche que esta sin ningún tratamiento térmico.
- CIP 30: Para instalaciones que por donde haya pasado leche que esta con un pre tratamiento térmico.
- CIP 50: Para instalaciones que por donde haya pasado leche que esta con un tratamiento térmico (pasteurizada).

7.2 ESTACION DEPURADORA (EDARI)

La depuradora de INDUSTRIAS LÁCTEAS MEGUÉ, SA es una depuradora biológica que trata un caudal diario de alrededor de 1.000 m³/día que consta de:

- Tanque de homogenización
- Tratamiento físico – químico
- Tanque de pre – anoxia
- Tanque de anoxia
- Dos reactores biológicos de carrusel en paralelo
- Decantador
- Depósito de fangos
- Filtro prensa para los fangos

En el apartado 9.1 *Plano de la depuradora*, tenemos el plano de la EDARI de Industrias Lácteas Megué, SA, donde se puede observar cada una de las etapas de la que está compuesta.

En lo que se refiere a datos económicos derivados de la depuradora tenemos:

Tabla 7.8. Datos generales de la fábrica y económicos de la depuradora.

DATOS GENERALES DE FÁBRICA	
m³ de agua tratada	30.000 m ³ /mes
m³ de agua / Tn yogurt	4,7
Kg DQO/ Tn entrada yogurt	20,7
CONSUMOS REACTIVOS CODIFICADOS	26.000 €/mes
TRATAMIENTO Y RETIRADA DE FANGOS	17.000 €/mes
UTILITIES	98.000 €/mes
Coste agua tratada entrada (€)	85.000 €/mes
Ratio electrónico (kwh / Tn yogurt)	150,3
Energía Eléctrica (€)	13.000 €/mes
Coste €/1000kwh	94
Energía eléctrica depuradora (kwh)	135.000 kwh/mes
Kwh depuradora / Tn yogurt	13,85
% Consumo Eléctrico depuradora vs total fábrica	9,22%

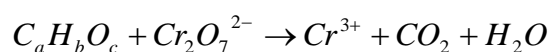
7.3 pH

Se determina el pH mediante un electrodo específico de pH. Si la muestra contiene muchos sólidos es conveniente filtrarla antes.

Como en todos los procesos biológicos hay que tener el pH controlado. Los valores óptimos de pH para los tratamientos de depuración van de 6,5 a 8,5.

7.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Uno de los métodos más utilizados para determinar la cantidad de materia orgánica, incluido los microorganismos, en las aguas es la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Este análisis consiste en medir la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar la materia orgánica mediante un agente fuertemente oxidante (dicromato potásico) en medio ácido. La oxidación se realiza a una temperatura elevada y en presencia de un catalizador (nitrato de plata) para facilitar la oxidación. Para eliminar la interferencia de cloruros, se añade sulfato de mercurio. La reacción principal utilizando como agente oxidante el dicromato es:



Donde $C_aH_bO_c$ representa la fórmula general de un compuesto orgánico. Existen diferentes métodos estándares para determinar la DQO, diferenciándose principalmente en el sistema de medir la muestra después de la digestión de la materia orgánica. La valoración con sal de Mohr y la determinación colorimétrica son las principales.

Nuestros análisis se llevan a cabo con el método de colorimetría.

7.5 CAUDAL

Para determinar el caudal que circulaba por cada colector se necesitaban sistemas medidores de caudal (caudalímetros) que no teníamos y también era muy difícil acceder al colector para determinar el caudal experimentalmente.

Como se conoce lo que deriva en cada colector, lo que se ha hecho ha sido coger cada proceso que se ve implicado en cada colector y al conocer el

tiempo de drenaje y el caudal al que tienen lugar, se ha calculado por cada proceso el caudal que aporta a cada colector.

Estos datos (tiempos de drenajes y caudales), se han recopilado del programa informático que existe en el área de proceso.

No se ha tenido en cuenta las fugas que puedan haber por fábrica, ya sea por mangueras abiertas o por pérdidas no controlables de algún proceso (agua de refrigeración, etc....).

En la tabla 7.9 *Procesos industriales en Industrias Lácteas Megué SA*, se pueden ver los tiempos y la frecuencia de cada proceso.

En el apartado 8.1 *Cálculos de los caudales*, se muestra un ejemplo de cómo se ha obtenido el Caudal de cada proceso en m³/día.

Tabla 7.9. Procesos industriales en Industrias Lácteas Megué, SA.

PROCESO	PROGRAMA	TIEMPO (s)	CAUDAL (m ³ /h)	FRECUENCIA (día)	CAUDAL (m ³ /día)
ERCAS	Lanzamiento	965	2,5	20	13,40
	Cambio producto	860	2,5	32	19,11
PROCESOS	Pastos	1215	20	20	135,00
	Enfriamientos	310	30	20	51,67
	Pre pasterización	210	25	2	2,92
	Pasto nata	790	3	2	1,32
CIP 10	Cubas	1325	10	15	55,21
	Líneas	665	10	4	7,39
	Depósitos	1045	10	7	20,32
CIP30	Líneas	835	10	10	23,19
	Depósitos	955	10	10	23,19
CIP 50	Depósitos	1020	20	28	158,67
	Líneas	2710	20	8	60,23
	Envasadoras	1380	20	10	76,67
DESCARGA	Descarga cubas	647	45	15	121,31
STOCK LECHEs	A norma	130	20	20	14,44
	A pre pastos	190	25	2	2,64
NORMALIZACIÓN	Recirculación	360	25	20	50,00

7.6 COLECTORES

En fábrica existen muchos colectores y al seleccionar los colectores para realizar los análisis lo que se pretendía era conocer los procesos que derivaban en él y muy importante también conocer los caudales.

Después de analizar estos dos puntos se decidió que los colectores fueran los siguientes:

Tabla 7.10 Colectores de fábrica con los procesos que derivan en cada uno.

COLECTOR	PROCESOS
1 DEPURADORA	Entrada a depuradora
2 ENVASADO	Lanzamiento a envasadoras
	Cambio contenedores mermelada
3 PROCESOS	Pasto nata
	Pre tratamiento térmico
	Pasteurización
	Enfriamiento
4 CIPS	CIP 10
	CIP 30
	CIP 50
5 DESCARGA - CORROSIVOS	Descarga de leche
	Corrosivos
6 STOCK LECHE - NORMALIZACIÓN	Stock leche
	Normalización

El apartado 9.1 *Plano de los colectores de fábrica*, se muestra el plano de la fábrica donde se pueden ver los colectores de fábrica y los procesos que derivan en cada uno.

8. CÁLCULOS

8.1 CÁLCULOS DE LOS CAUDALES

A partir de los datos de la *tabla 7.9. Procesos industriales en Industrias Lácteas Megué SA*, donde se tiene por cada proceso, el tiempo, el caudal y la frecuencia diaria que se usa ese proceso, calculamos el caudal de cada proceso en m³/día.

Estos datos, como se ha mencionado en el apartado anterior, se han recopilado y analizado a partir de los programas de producción de cada uno de los procesos, teniendo en cuenta los arrastres iniciales y finales, así como los drenajes.

Se ha realiza una media, pues dependiendo del producto que se fabrique, este puede variar el tiempo de los arrastres, teniendo en cuenta la conductividad del producto.

Ejemplo de cálculo de los caudales:

Por ejemplo el proceso de normalización tiene un programa de recirculación, el cual el drenaje final tiene una duración de 360 segundos a un caudal de 25 m³/hora. Este proceso tiene una frecuencia de 20 veces al día, por tanto su caudal en m³/día es de 50.

$$360_{seg} * \frac{1_{hora}}{3600_{seg}} * \frac{25m^3}{1_{hora}} * 20 = 50m^3 / dia$$

8.2 CÁLCULOS DE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCAR

Los datos que hemos obtenido para la curva de calibración han sido:

Tabla 4.5 Resultados para obtener la recta de calibración del azúcar.

CONCENTRACIÓN (ppm)	DQO (ppm)
100.000	>15.000
15.000	>15.000
10.000	11.680
7.500	9.160
5.000	6.390
1.000	2.600
500	2.015

A partir de estos valores se obtiene la recta de calibración, como se muestra en la *Figura 4.6 Recta de calibración del azúcar*, y gracias a esta, podemos calcular la DQO que obtendremos con cada cantidad de azúcar que se tira.

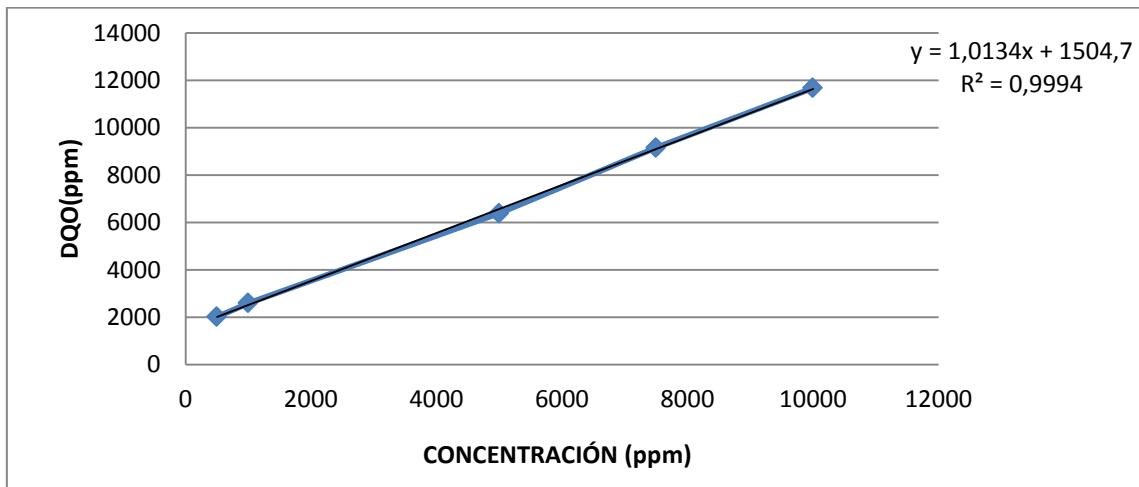


Figura 8.1 Recta de calibración del azúcar.

Para saber la cantidad de DQO que se deriva del azúcar que se pierde, lo primero que se hace es una media de los caudales de entrada diarios de agua a la depuradora.

Sabiendo que tenemos una pérdida diaria de aproximadamente 300 Kg y un caudal de entrada a depuradora de 1.022,6 m³, calculamos la concentración en ppm del azúcar:

$$\frac{300\text{Kg}}{1.022,6\text{m}^3} * \frac{1000\text{gr}}{1\text{Kg}} * \frac{1000\text{mg}}{1\text{gr}} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}} = 293,36\text{mg/l} = 293,36\text{ppm}$$

La cantidad diaria que se tira de azúcar a la depuradora es de 293,36 ppm.

Con la recta de calibración obtenida en la Figura, obtenemos la recta de regresión:

$$y=1,013x+1504$$

Siendo, y = DQO (ppm)

$$x = \text{concentración de azúcar (ppm)} = 293,36 \text{ ppm}$$

Por lo tanto:

$$y=1,013*293,36+1504 = 1.801,17\text{ppm}$$

Si se está perdiendo una cantidad diaria de aproximadamente 300 Kg. de azúcar, esto nos conlleva una DQO de 1.801,17 ppm.

9. PLANOS

9.1 PLANO DE LA DEPURADORA

9.2 PLANO DE LOS COLECTORES DE FÁBRICA

La lectura del plano de colectores se encuentra en la *Tabla 9.1. Leyenda del plano de colectores*, donde se identifican las diferentes zonas de toma de muestra por colores. En dicha tabla también se tiene un cuadro resumen de los resultados obtenidos.

La toma exacta de las muestras está indicada con un círculo y el número correspondiente al colector.

Tabla 9.1. Leyenda del plano de colectores.

COLECTOR	PROCESOS	CAUDAL (m ³ /día)	pH	DQO (ppm)
1 DEPURADORA	Entrada a depuradora		11,05	6.245
2 ENVASADO	Lanzamiento a envasadoras	13,40	10,10	8.918
	Cambio contenedores mermelada	19,11		
3 PROCESOS	Pre tratamiento térmico	2,92	7,25	6.418
	Pasto Nata	1,32		
	Pasteurización	135,00		
	Enfriamiento	51,67		
4 CIPS	CIP 10	82,92	11,29	3.917
	CIP 30	46,38		
	CIP 50	295,57		
5 DESCARGA - CORROSIVOS	Descarga de leche	121,31	11,52	1.186
6 STOCK LECHE - NORMALIZACIÓN	Stock leche	17,08	6,59	3.138
	Normalización	50,00		

9.3 PLANO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

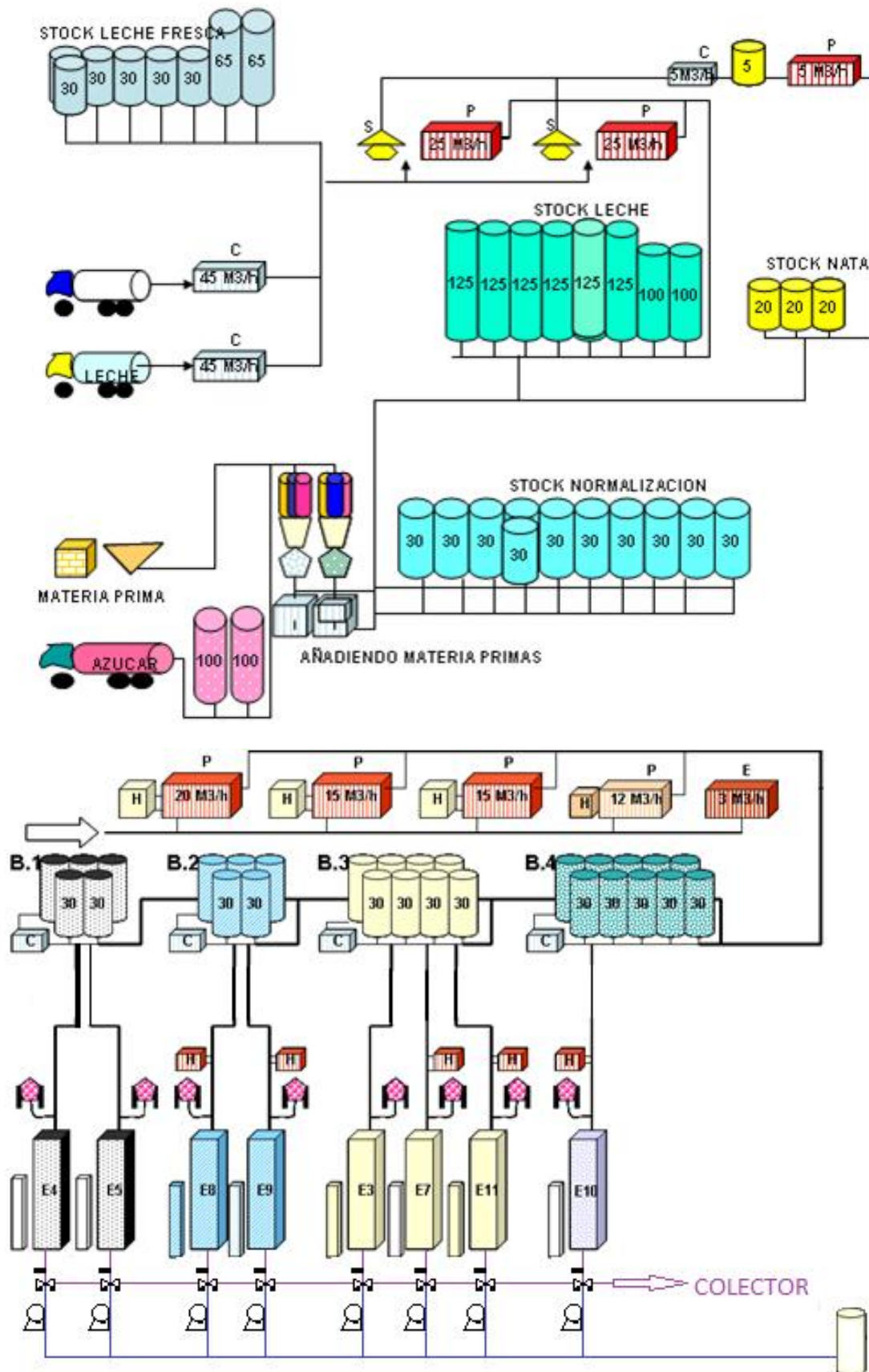


Figura 7.10 Recogida de arrastres de las envasadoras.

10. BIBLIOGRAFÍA

Tetra Pak Processing Systems AB. 1996. Manual de Industrias Lácteas.

Ed. Iragra, S.A. Madrid (España).

CODEX Alimentarius. 2008. <http://www.codexalimentarius.net> (marzo 2011)

Institut de Ciències de la Educació. 2008. <http://www-ice.upc.es> (marzo 2011)

Prevención de la contaminación en la industria láctea. <http://www.usol.es> (septiembre 2011)