

EDULCORANTES NATURALES Y DERIVADOS*
Ilmo. Sr. D. Pablo Puerta Gómez
Académico Correspondiente

I.- INTRODUCCION

Probablemente el azúcar de origen vegetal fue extraído por primera vez en la India. Las más antiguas civilizaciones mediterráneas sólo conocían la miel.

Hay buenas razones para suponer que, desde tiempos muy antiguos los indios y los chinos sabían utilizar la savia de caña de azúcar que crecía espontáneamente en la India Meridional. Es en el valle del Indo, donde el ejército de Alejandro Magno descubre las plantaciones de caña y sus hombres se extrañan ante la caña que produce miel sin el concurso de las abejas.

La caña de azúcar, crecía ya en estado salvaje en Bengala (India), 2.500 años antes de nuestra era, datando los primeros cultivos de esta planta, realizados por los persas, 510 años antes de Cristo.

En Europa, los comerciantes venecianos y, posteriormente, las Cruzadas a Tierra Santa, dan a conocer esta "golosina" considerada por los boticarios de la Edad Media como elemento indispensable para preparar sus recetas destinadas a curar múltiples enfermedades.

Hace más de 800 años, concretamente en el 1.148, comenzó el cultivo de las primeras cañas sacáricas en Chipre y en Sicilia. De allí, se extendieron a las costas del Norte de Africa y a las de Andalucía Oriental, siendo los árabes los que perfeccionaron los procedimientos de la obtención del azúcar de caña y lo dispersaron por los países que dominaron, entre ellos, España. Más tarde, después del descubrimiento de América fueron los españoles quienes llevaron sus conocimientos sobre este cultivo al Nuevo Mundo, en el que se desarrolló rápidamente, llegando desde las colonias americanas el azúcar a todos los países europeos.

Muy posteriormente se implanta el cultivo de la remolacha en Europa, como consecuencia de buscar nuevas fuentes forrajeras para la cría del ganado. En 1745, MAGGRAF, químico alemán, consiguió sacar azúcar de la remolacha y solidificarla, perfeccionando dicha extracción algo más tarde ANCHARAL.

* Conferencia pronunciada en el Curso sobre Alimentos de Origen Vegetal, Granada, del 25 de noviembre de 1993 a 5 de febrero de 1994.

En 1796, Prusia ofreció los primeros productos del azúcar de remolacha cultivada en la tierra de Conner, cerca de Steinar sur l'Oder, fabricados por Francisco Acharal, discípulo de mencionado Maggraf. Con objeto de impedir el desarrollo de esta incipiente, pero importante industria, la cual iba a perjudicar notoriamente su comercio con las Indias, Inglaterra, valiéndose de malas artes políticas, abortó el desarrollo de la misma. No obstante, ACHARAL publicó un libro sobre la fabricación en Europa del azúcar de remolacha en el que estudiaba los diversos aspectos agronómicos e industriales de su producción, lo que sirvió de base para levantar fábricas en Krain, Bohemia y, unos años más tarde, en toda Alemania, Francia y Rusia.

Posteriormente, ya en el siglo XIX, durante las guerras napoleónicas con el bloqueo de las costas europeas por la armada inglesa, Europa se vió en dificultades para importar el azúcar de caña producido, principalmente en Cuba, y fue entonces cuando Napoleón Bonaparte impulsó decididamente el cultivo de la remolacha, el cual se extendió rápidamente por todo nuestro continente, dejando de esta forma Europa de depender exclusivamente de la importación del azúcar de caña.

Cuando España perdió Cuba, a finales del siglo XIX, llegó el momento en que nuestro país se vió obligado a obtener su propia azúcar a partir de la remolacha, siguiendo el ejemplo de otras naciones, especialmente de Francia. Su cultivo se inició en tierras de Andalucía Oriental, concretamente en la provincia de Granada, surgiendo entonces las primeras fábricas y los primeros contratiempos, al carecer de experiencia y dedicar al cultivo de su remolacha suelos que no eran suficientemente aptos para ello.

El primer azúcar producido en España, fue en Alcolea de Córdoba, en la finca de la Colonia de Santa Isabel propiedad de D. Ricardo Martel Fernández de Córdoba, Conde de Torres Cabrera, quien ofreció a S.M. el Rey D. Alfonso XII el primer azúcar de remolacha producido en nuestro país en el día 24 de octubre de 1882. El tiempo y, con él, la experiencia solventaron muchos problemas y en 1931-1932, con la ayuda de unas extraordinarias condiciones climatológicas, se llegó a una producción de azúcar que por primera vez superó al consumo nacional. Posteriormente, la guerra civil española (1936-1939) lo arrasó todo y, como tantos otros sectores, hubo de comenzar de nuevo, habiéndose necesitado más de treinta años para su recuperación. También afectó

considerablemente a este sector, la segunda guerra mundial, al verse dañadas de lleno sus producciones y economías de prácticamente todos los países, especialmente, Francia, Alemania, Italia, Bélgica y la Unión Soviética.

En 1960, la producción mundial de azúcar fue del orden de 56 millones de toneladas, de las cuales el 56% correspondía a la de caña. El consumo se evaluó en 53 millones de toneladas, apareciendo ya excedentes. Diez años más tarde, en la campaña 70/71, el cambio de la situación fue espectacular; el consumo había aumentado en el 43%; la producción en el 31%; las existencias habían disminuido en el 24% del consumo, y el alza de los precios había sido del 57%. Todo ello vino a señalar que el azúcar no constituye un producto cualquiera destinado a satisfacer alguna exigencia de lujo, sino que se trata de uno de los alimentos más abundante en energía y de más fácil almacenamiento; y que, en la mayor parte del mundo desempeña una función primordial en el abastecimiento de la población de donde se deduce su gran importancia política y económica.

Es importante considerar el valor alimenticio del azúcar, al rededor de las 4.000 kcal/kg, cuando se piensa en las deficiencias energéticas existentes en el mundo y de las maneras de resolver este problema, pues incluso, a principio de la década de los 80, se temía que la China continental podía convertirse a largo plazo, en un gran consumidor de azúcar, y se dudaba de que este gran país estuviera en condiciones de cubrir dicha creciente demanda con su propia producción, partiendo de su actual consumo uno de los menores del mundo.

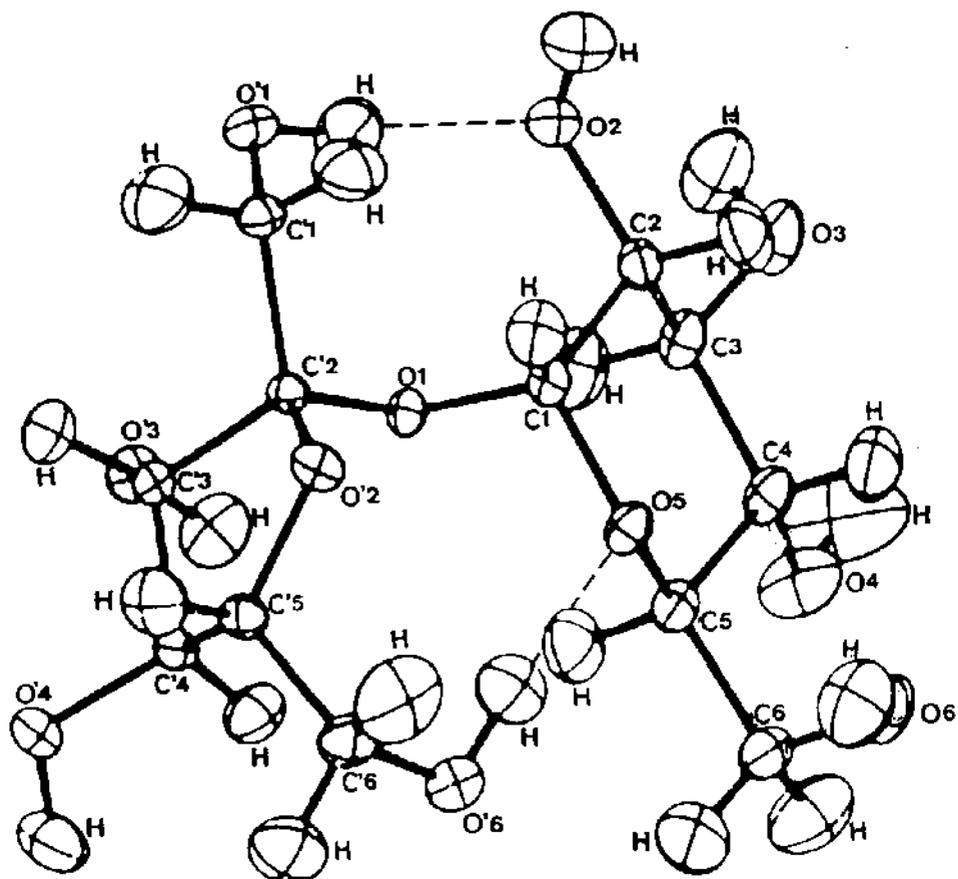
La caña de azúcar se produce en climas tropicales, generalmente en países pobres o en desarrollo, con mano de obra barata y que no están económicamente en condiciones de mecanizar la cosecha de la caña. Su productividad es pequeña y por otra parte su cultivo puede plantar algunos problemas sociales. Por otra parte, su cultivo ocupa el suelo durante 13 a 14 meses, frente al de remolacha que solamente dicho período es de 7 a 8 meses situándose dentro del año agrícola. La remolacha produce también más proteína por unidad de superficie, al igual que energía, a través de los subproductos pulpa y melaza, como alimentos destinados al ganado.

Los principales países productores de caña son: Cuba, Brasil, México, Ecuador, República Dominicana, Indonesia, India, China, Australia y África del Sur, siendo Australia la de mayor rendimiento del mundo de la

caña de azúcar. La producción de caña de azúcar en España, es de unas 14.000 a 15.000 Tm, mientras que la de remolacha oscila aproximadamente entre las 800.000 a 900.000 Tm, siendo la importancia económica y tecnológicamente de esta última mucho más sobresaliente, y será, por ello, el objetivo primordial de nuestra aportación. La caña de azúcar progresivamente en recesión en nuestro país, actualmente tiene cierta importancia económica en el litoral de las provincias de Granada y Málaga.

Terminamos esta introducción señalando algunas cualidades médicas sorprendentes del azúcar, como su poder cicatrizador en quemaduras, úlceras, heridas de bala, e incluso en infecciones óseas. Su eficacia en otros casos llega a ser parecida a la de los antibióticos y se ha comprobado que, en ocasiones, la aplicación terapéutica del azúcar ha reducido en gran parte la necesidad de practicar injertos de piel, posiblemente por proporcionar a los tejidos los nutrientes necesarios para que éstos puedan regenerarse dejando la superficie de la piel natural, sin plantear problemas al organismo como sucede en algunos casos con los injertos.

ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA SACAROSA POR ANALISIS DE DIFRACCION DE NEUTRONES



Fragmento de FRUCTOSA

Fragmento de GLUCOSA

Tomado de: George M. Brown y Henry A. Levy
Acta Cryst. (1973). B29, 790.

Se indican los enlaces por puentes de Hidrógeno con líneas de puntos.

La sacarosa es dextrógira y la fructosa es levógira. El poder dextrógiro de la glucosa es menor que el levógiro de la fructosa, por ello, la mezcla de las dos cuando se forman por hidrólisis de la sacarosa, produciendo lo que se llama azúcar invertido, su poder es levógiro. Esta reacción de descomposición de la sacarosa en glucosa y fructosa, se denomina "inversión del azúcar".

La sacarosa no reduce el licor de Fehling. Cristaliza muy bien en el sistema monoclinico, siendo muy soluble en agua y muy poco soluble en alcohol.

Las materias primas para la obtención del azúcar son la caña de azúcar y la remolacha. La primera es una planta perenne de la familia de las gramíneas, especie Saccharum officinarum, y sus tallos en forma de caña maciza, constituye la fuente para la obtención del azúcar. La remolacha azucarera es una planta bianual de la familia de las quenopodiáceas, especie Beta vulgaris, y sus raíces engrosadas, constituyen la materia prima para la fabricación del azúcar.

III- PRODUCCION MUNDIAL DE AZUCAR: SU EVOLUCION Y CONSUMO

De acuerdo con las estadísticas de la FAO, la producción mundial de azúcar procedente de la remolacha paso de 5,96 millones de Tm en la campaña 1900/1901 a 41,77 en la 1990/1991, siendo actualmente (referente a 1991/1992) de 37,93 M.de Tm, representando el 30,5% de la producción total. En lo que concierne al azúcar de caña, su fabricación que en 1900/1901 era de 5,29 M.de Tm, siendo el 47% de la producción de azúcar, ha pasado en 1991/1992 a 86,36 M.de Tm, lo que supone el 69,5% de la total, por lo que la producción mundial de azúcar de caña es aproximadamente el doble que la de remolacha.

Por continentes, la obtención de este alimento, es sobresaliente en Asia, con 36,7 M.de Tm en la campaña 1991/1992, siendo la India el país con mayor producción (14,65 M.), así como Europa, con 34,1 M. de Tm en 1990/1991, bajando en la siguiente campaña a 29,8, destacando como países con mayores producciones Rusia (9,13), Francia (4,73) y Alemania (4,65), frente a 1,03 M.de Tm obtenidas en España.

La producción de azúcar en América del Norte ha sido en la campaña 1991/1992 de 6,71 M.de Tm, de ellas 3,38 en USA; América Central obtuvo 14,66 M.de Tm, perteneciendo a Cuba más de 8 M.de Tm. En cuanto a América del Sur, con una producción en dicha campaña 1991/1992 de 18,88 M.de Tm, destacando Brasil con 9,13 M.de Tm obtenidas. Africa con 7,83 M de las que 2,43 son de Africa del Sur, y Oceanía con 3,64 M. de Tm, procedentes de Australia en su mayoría (3,18), completan la producción mundial de azúcar, destacando como comentarios que los continentes en que más aumentado la producción en los últimos años han sido Asia, que la ha triplicado y Africa duplicándola, así como Sudamérica aunque en menor nivel.

En cuanto a la distribución mundial en 1992 de la producción de azúcar de remolacha, corresponde la mayor fabricación a la CEE, con el 39,3% del total, seguido de la CEI (Confederación de Estados Independientes de la antigua URSS) con el 17%, figurando con menores porcentajes USA (9), Turquía (5,5), China (4,8), Polonia (4,2), ExYugoslavia (2,2), Checoslovaquia (2,2) y Japón (2,1%).

El consumo de azúcar por persona/año en kg, con valores tomados de la FAO y concerniente a 1991, oscilan de los 43,6 kg en América Central, con 55 kg/año en Costa Rica, a los 12,2 kg en Asia, aunque con fuertes contrastes (1 kg en Birmania a 53,3 kg en Singapur, pasando por los 48,3 de Jordania o los 37 a 38 Kg de Israel, Libano o Malasia). También en Africa es bajo dicho consumo cifrándolo en 14,4 kg, fluctuando entre los 3,2 de Kenia y los 38,8 de Africa del Sur. El consumo en USA es de 31,5 kg, habiendo descendido mucho en los últimos años (47 kg en 1950). En Europa, el consumo medio es de 41,1 kg/año en 1992, destacando los 56 de Hungría, 51,1 de Alemania, 50,4 de Islandia a los 21,8 de Albania, indicando un consumo para España de 28,8 kg, superior al que tenía en 1950 12,4 kg, todo ello referente a azúcar centrifugado, existiendo sobre todo en América Central, Sudamérica, Asia y Africa, un pequeño consumo adicional de azúcar no centrifugado que fluctúa entre 1,4 a 5,4 kg/persona y año, destacando solamente el consumo de este tipo de edulcorante Colombia con una ingesta de 29,1 kg.

El resumen de la reglamentación de la CEE para el mercado del azúcar correspondiente al año 1992, la cuota base de producción de remolacha autorizada para la campaña 1992/1993, es para España del millón de toneladas, aunque la producción no alcanzó dicha cifra, quedándose en las 940.085 Tm, en cambio otros países sobrepasaron sus cuotas, dando como resultado un excedente total de más de 1 M.de Tm. En el momento actual, la CEE es excedentaria en casi 3 M.de Tm, de azúcar de cuota. España es el único país francamente deficitario, frente a Francia y Alemania, cuyas producciones exceden notoriamente a su consumo.

En cuanto a la demanda de azúcar en España (datos referentes a la península y Baleares se ha observado un crecimiento hasta la campaña 91/92, a partir de entonces es decreciente, debido a la crisis que sufrimos y a la falta de producción nacional, importándose más del 20% del consumo actual de otros países Comunitarios.

De dicha cuota base asignada a España del millón de toneladas de azúcar al año, corresponden a la zona sur el 33%, que están repartidas entre las siguientes provincias y fábricas:

<u>Provincias</u>	<u>Nº fábricas</u>
Sevilla y Huelva	1
Cádiz	3
Badajoz	1
Córdoba	1
Jaén	1

relación en la que no se incluyen las dos fábricas de azúcar de caña de Granada y Málaga por su escasa referencia a la cuota.

IV.- SITUACION ACTUAL DEL SECTOR PRODUCTIVO EN NUESTRO PAIS

En cuanto a la situación actual del sector remolachero-azucarero en nuestro país, se debe contemplar en sus dos vertientes: la agrícola y la industrial. En cuanto al sector agrícola se caracteriza por tener dos ciclos de producción, a saber: En las zonas del Duero, Ebro y Centro, la producción de remolacha es de recolección invernal, y en la zona Sur, es estival. Este doble ciclo la diferencian de el res-

to de la Comunidad, en que en este, es únicamente invernal.

Por otra parte, en un 75% de la superficie cultivada de remolacha en España es de regadío, y un 25% de secano, preferentemente en la provincia de Cádiz. El hecho de que la mayor parte de la producción se obtenga en regadío, implica ya unos costes adicionales frente a los soportados por este cultivo en otros países de la CEE, donde su elevada pluviometría, determina que no se requiera para este cultivo, disponer de una infraestructura para el riego, y un gasto adicional de consumo de agua.

La superficie media de remolacha por cultivador en España es de 3 Ha, frente a las 6 que supone este mismo valor en los otros países de la CEE. Así mismo el número total de cultivadores de remolacha en nuestro país se cifran en unos 80.000, que además emplean para determinadas labores de cultivo un importante número de jornaleros, lo que da idea de la importancia económica y social de dicho cultivo.

Otro aspecto importante que caracteriza el cultivo de la remolacha en algunos lugares de nuestro país, es su elevada dispersión a lo largo de los ríos, lo cual conlleva mayores gastos de transporte de la remolacha a las fábricas.

El grado de capacitación y de conocimientos profesionales y de organización de nuestros agricultores, dista también mucho de los del resto de la Comunidad, incidiendo negativamente en la producción.

Existen además otros factores de orden climático y edafológico que nos sitúan en condiciones menos idóneas para este cultivo, que las dadas en otros estados comunitarios, a excepción de Italia.

Otras circunstancias importantes sobre este particular, es que mientras que en nuestro país se vienen empleando 6 horas/hombre/Tm de remolacha, en otros países de la CEE, se emplean solamente una hora, y que los rendimientos medios en nuestro caso son de 37 Tm de remolacha y 5.100 kg de azúcar envasada por Ha, frente a la media de la CEE situada sobre las 54 Tm y 7.200 kg/Ha.

En resumen, por todas estas circunstancias tanto estructurales como técnicas, los costos de producción de la remolacha resultan más elevados que los de los otros países comunitarios excepto Italia. Por lo demás, hay que tener en cuenta los años climatológicos de escasez o

abundancia de agua, lo que da lugar a cambios en la producción, haciendonos deficitarios o excedentarios de azúcar, teniendo que importar a alto coste, o exportar a bajo precio.

En cuanto al sector industrial productor de azúcar, se ha de tener en cuenta lo siguiente: En el período 1982-1985 tuvo lugar un proceso de ajuste y reestructuración de la industria y, como consecuencia de ello, se cerraron un total de siete fábricas de azúcar, todas ellas de capacidad inferior a las 2.000 Tm de remolacha/día, situadas en zonas de cultivo escaso y marginal. A principio de los años 90 se disponía de 25 fábricas, quedando en la actualidad sólo 23, con una capacidad de multiración media 4.454 Tm/día, capaces de obtener una producción media por fábrica de 50.000 a 55.000 Tm de azúcar/año, mientras que en la CEE, la capacidad media por fábrica es aproximadamente 6.000 Tm de remolacha/día y de 65.000 a 70.000 Tm de azúcar/año. Por lo tanto a pesar de las fuertes inversiones realizadas últimamente por la industria azucarera, aún queda bastante para alcanzar la media comunitaria, sobre todo en costes, por lo que hay que seguir cerrando fábricas y aumentando la capacidad de las que queden en las mejores zonas productivas de remolacha, así como introducir nuevas tecnologías que permitan ser más competitivos.

La actual estructura productiva del sector industrial azucarero la podemos resumir en el siguiente cuadro:

CAPACIDAD INDUSTRIAL DE LAS FABRICAS ESPAÑOLAS

Capacidad Tm/remolacha/día	Núm. fábricas		Capacidad industrial	
	Nº	%	Tm/rem/día	%
< 2.000				
2.000-2.999	4	18,2	10.000	10,2
3.000-3.999	5	22,7	17.500	17,8
4.000-4.999	5	22,7	22.500	23,0
> 5.000	8	36,4	48.000	49,0

que nos señala que en la actualidad el 80% de la capacidad total instalada, se basa en fábricas con una capacidad unitaria superior a las 3000 Tm de remolacha/día.

Por otra parte, el número de personas que trabajan actualmente en la industria azucarera y actividades conexas, alcohol, levadura y piensos, es aproximadamente de 3.000 a 3.500 fijos y 7.500 eventuales, siendo la duración del contrato, para estos últimos, de 90 a 100 días al año aproximadamente, lo que da idea del importante potencial laboral del sector.

El nivel de concentración empresarial del sector es similar al del resto de los países de la CEE, dado que en España, pese a existir varias empresas en el sector, prácticamente cuatro de ellas son las que producen la casi totalidad del azúcar nacional.

Las condiciones de ingreso de nuestro país en la CEE, para el sector remolachero-azucarero, parece que han sido favorables por las siguientes razones:

1ª Se ha otorgado una cuota de producción a España de un millón de toneladas, lo que permite mantener el potencial productivo, tanto de la industria, como de nuestra agricultura.

2ª La estructura de los precios, tanto de la remolacha como del azúcar, ha sido satisfactoria.

3ª Se acordó que los agricultores pudieran percibir, durante un período de 10 años, ayudas de adaptación, lo que viene a significar la posibilidad de que la remolacha en nuestro país, tenga un sobreprecio.

4ª Se ha contingentado la producción de isoglucosa, producto muy competitivo con el azúcar, en 83.000 Tm.

V.- OTRAS SUSTANCIAS EDULCORANTES, ISOGLUCOSA, SACARINA Y OTROS

En primer lugar se indica en el siguiente cuadro la gran variedad de edulcorantes naturales y artificiales más conocidos, así como al uso a que normalmente son destinados, y posteriormente se incluye otra tabla con el poder edulcorante comparativo de diversas sustancias frente a la sacarosa.

ALGUNOS EDULCORANTES Y SUS APLICACIONES MAS CORRIENTES

EDULCORANTES NATURALES	AZUCAR (SACAROSA)	Alimentación Básica Pastelería Industrial Caramelos Chicles Helados, confitería y mermeladas Bebidas refrescantes Bebidas aromatizadas
	GLUCOSA & DEXTROSA	Pastelería Industrial Caramelos Chicles Helados, confitería y mermeladas Alimentación Dietética. Galletas Farmacéutico
	FRUCTOSA	Alimentación Dietética Chocolate, mermeladas y alfíbares Bebidas aromatizadas Farmacéutico
	LACTOSA	Farmacéutico Caramelos Alimentación Dietética
	SORBITOL	Pastelería Industrial Alimentación Dietética Caramelos Chicles Chocolate Farmacéutico
	MANTOL	Chicles Bebidas Dietéticas Farmacéutico
	XILITOL	Bebidas Dietéticas
	MIEL	Dietética Infantil
	MALTOESTINAS	Dietética Infantil
	SACAROSA	Farmacéutico
EDULCORANTES ARTIFICIALES	SACARINA	Chicles Alimentación Dietética Bebidas aromatizadas Farmacéutico
	CICLAMATO	Alimentación Dietética Bebidas aromatizadas Farmacéutico
	ASPARTAME	

TABLA COMPARATIVA DEL PODER EDULCORANTE DE ALGUNAS SUSTANCIAS

SUSTANCIA	Poder edulcorante respecto sacarosa
Sacarosa	1
Lactosa	0'27
Dulcitol	0'41
Manitol	0'45
Sorbitol	0'48
Glicerol	0'48
Etylene Glycol	0'49
Glucosa	0'5 - 0'6
Maltosa	0'6
Azucar Invertido	0'8 - 0'9
Fructosa	1'0 - 1'5
Anisylurea	18
Sodio cyclohexylsulfato	30
Cloroforno	40
Metil - Sacarin	200
Dulcina	70 - 350
Clorosacarina	100 - 350
Hexylcloromalonaamida	300
Sacarina	200 - 700
5-Nitro-2-ethoxyanilina	950
Perillartina	2.000
5-Nitro-2-propoxyanilina	4.100

Fue en 1811, cuando se descubrió el poder edulcorante de la glucosa, siendo considerada como una fuente importante de azúcar por la Europa de Napoleón. De hecho, la remolacha azucarera la suplantó. La glucosa se utilizó en ciertas aplicaciones de la industria alimentaria y farmacéutica en la que es particularmente apropiada.

El proceso de extracción del almidón por la vía húmeda fue inventado a mediados del siglo XIX, y después de esa época, el maíz se convirtió en la fuente principal de obtención del almidón en el hemisferio occidental, siguiéndole en importancia la patata en Europa.

En la industria de la obtención del almidón, el grano de maíz se utiliza completamente, dando una serie de productos como glúten, aceite y principalmente azúcares del maíz, representando estos últimos en la actualidad los más serios competidores con que se encuentra la industria azucarera clásica, es decir, la que obtiene azúcar de la remolacha o de la caña.

De los azúcares que se obtienen del maíz el más importante es la glucosa, cuya producción industrial en España es relativamente reciente, remontándose a principios de siglo, cuando en Cataluña la empieza a fabricar la firma "Foret, S.L.", llegando a existir hasta doce fábricas elaboradoras de glucosa, que por diversas circunstancias fueron desapareciendo, quedando en la actualidad sólo tres empresas que se dedican a esta actividad, enmarcadas en el Sindicato Nacional de Industrias Químicas y dentro del grupo "Hidratos de carbono".

A partir del maíz tiene lugar un complicado proceso físico-químico, desarrollado siempre por vía húmeda, en perfectas condiciones de asepsia a través de la cual se llegan a obtener los diferentes productos, de tan diferentes características entre sí, como pueden ser: almidón, glucosa, adhesivos, glúten para piensos, almidones modificados, etc.

De todos los derivados posibles del maíz, vamos a concretarnos en este trabajo, a los que tienen propiedades edulcorantes, tales como: Glucosas líquidas y enzimáticas, dextrosa monohidratada (cerelose), jarabe de maltosa, glucosa sólida, glucosas caramelizadas, azúcar de fecula, glucosa isomerizada (isoglucosa, fructosa, levulosa), fructosa en jarabe, sorbitol y manitol.

Glucosas líquidas y enzimáticas

La glucosa ácida se obtiene por hidrólisis del almidón y por licuefacción enzimática. Tiene un 40% de dextrosa que le da un sabor dulce. se fabrican tres tipos: de conversión ácida, de conversión enzimática y de ambas conversiones combinadas, todas ellas bajo la forma de un jarabe denso, incoloro y de poder edulcorante variable.

Los diferentes tipos pueden ser clasificados por su densidad que oscila desde 25 a 60º Baumé, siendo las más usuales las que están comprendidas entre los 41 y los 45º Baumé por su contenido total de azúcares reductores del 25 a 62%, sobre extracto seco.

El Código Alimentario Español llama a estas glucosas, jarabe de glucosa, empleándose preferentemente en la fabricación de caramelos, en conservas de frutas, sopas preparadas, turrone, bebidas refrescantes, pastelería industrial, helados, confituras y mermeladas, galletas, y en la industria farmacéutica.

Dextrosa monohidratada (Cerelese)

Se le suele llamar dextrosa al producto químicamente puro, viene a ser glucosa sólida, pero con menos azúcares. Se obtiene a través de la hidrólisis completa del almidón, llamado proceso doble enzimático, siendo químicamente la más simple de las glucosas; cristaliza a una temperatura inferior a los 50º, formando un polvo muy blanco y cristalino, de sabor dulce y agradablemente fresco. En el Código Alimentario Español se la denomina glucosa anhidra, empleándose preferentemente para la elaboración de helados.

Jarabe de maltosa

Es el obtenido por tratamiento enzimático de productos feculentos y, según el Código Alimentario Español ha de responder a las siguientes características: líquido siruposo, incoloro o débilmente amarillento, con reacción neutra y concentración mínima de 43º Baumé.

Glucosa sólida

Es la glucosa líquida solidificada y triturada, presentándose como un polvo amorfo de color blanco. Su contenido total de azúcares reductores sobre extracto seco es de 85-90%, a humedades que oscilan en-

tre 12 y 14%.

Glucosas caramelizadas

Son conocidas también como caramelo, resultantes de la cocción en condiciones especiales de jarabe de glucosa, obteniéndose una gama de colorantes naturales con distintas propiedades según aplicación, como son: resistencia al alcohol (licores), a la acidez, al tanino, etc.

Son líquidos oscuros, viscosos, casi negros, definiéndose por su poder de coloración y densidad. Sus soluciones dan tonalidad que oscilan entre ámbar y rojas. Se emplean para dar color a los coñac, vinos, etc, y en general, a todos los licores, presentándose en el mercado en tres colores diferentes.

Azúcar de fécula

Es el obtenido por hidrólisis incompleta del almidón comestible, mediante diversos procedimientos tecnológicos y posterior concentración hasta consistencia sólida. Se presenta en forma de trozos o granulos pegajosos, ligeramente amarillentos y totalmente solubles en agua.

Glucosa isomerizada (isoglucosa, fructosa o levulosa)

En realidad es un derivado de la glucosa obtenido a través de la isomerización de parte de dicha glucosa (aproximadamente un 50%). Apareció en 1975, empleándose posteriormente en la elaboración del producto "Tang" (sobres de polvos preparados para mezclar con agua y obtener naranjada y limonada).

La producción de isoglucosa en nuestro país, comenzó hace algunos años, por tres empresas multinacionales que se dedicaban, no sólo a la obtención de este producto, sino de otros muchos (almidón, glucosa, dextrosa, etc) a partir del maíz por vía húmeda. En el año 1983, la producción de isoglucosa se situó en torno a los 83.000 Tm, expresadas en materia seca.

Hay que señalar que, el poder edulcorante de la isoglucosa, de contenido en fructosa del 42% y del 55%, que son las que se fabrican en nuestro país, es similar al del azúcar y la sustituyen en la fabricación de conservas, bebidas efervescentes, alimentos dietéticos, etc.

El descenso actual del consumo de azúcar procede en gran parte de la expansión que ha venido experimentando la producción de isogluco-

sa y que ha tenido una incidencia negativa sobre el sector remolachero-azucarero y, también, sobre la propia Administración, que se ve obligada a soportar una parte de los excedentes de azúcar.

Es importante considerar que, resulta paradójico que España se haya convertido en el principal país europeo productor de isoglucosa, - cuando importamos anualmente alrededor de los 4,5 millones de toneladas de maíz y, sin embargo, disponemos de la posibilidad de producir más azúcar a partir de remolacha, siendo, además ésta un cultivo social necesitado de abundante mano de obra y que amortigua aún, el paro endémico de determinadas regiones. Los niveles de producción de la isoglucosa en España, contrastan con los de la CEE, debido a la falta de control existente en nuestro país y el riguroso que se ejerce en el resto de dicha Comunidad, como nos lo ponen de manifiesto los siguientes datos:

La cuota máxima (A + B de isoglucosa) en la Comunidad es de unas 200.000 Tm, representando el 2% del consumo de azúcar en la CEE.

La producción de isoglucosa en España en 1984 representó una cifra superior al 10% de nuestro consumo de azúcar, siendo su producción actual superior a la de cualquier país de la CEE, representando nuestra producción el 55% del total de la isoglucosa obtenida en la Comunidad.

La problemática planteada por la expansión incontrolada de la producción de isoglucosa y su impacto sobre el sector remolachero-azucarero requiere una urgente respuesta por parte de la Administración, encaminada a regular y contingentar la producción de este producto, ya que no hay que olvidar que la CEE pese a disponer del complejo agro-industrial remolachero-azucarero más competitivo del mundo, recurrió al sistema de contingentar la producción de isoglucosa para salvaguardar los legítimos intereses de los productores de remolacha y azúcar, y no facilitó la expansión de un producto que se obtiene a partir de una materia prima, el maíz, en que la CEE es netamente deficitaria.

Sorbitol

Es un polialcohol que se obtiene por hidrogenización de la dextrosa, y por síntesis de la glucosa. Se emplea en la preparación de alientos dietéticos en cantidades no superiores al 7%, y como suavizador en dulces ya que evita la cristalización de la sacarosa. También se

emplea para pastelería industrial, caramelos, chicles, productos farmacéuticos, alcohol industrial, etc.

En España no se fabrica, debido al gran riesgo que entraña su preparación, en donde son frecuente explosiones producidas en la manipulación de hidrógeno, necesaria en el proceso de fabricación, por lo que se importa en su totalidad.

Manitol

Se utiliza basicamente en la industria farmacéutica, y en la de alimentación. Se produce en general, conjuntamente con el sorbitol, y nuestro país lo importa de Francia, Italia, Suiza, Brasil, Holanda y China, por orden de importancia.

Sacarina

Es una sustancia blanca en forma de polvo, que tiene un poder edulcorante 500 veces superior al de la sacarosa, a igualdad de peso. Se obtiene por síntesis química a partir del benzol, siendo un derivado de el ácido ortosulfo benzoico, descubierto por Remsen y Fahlberg en 1879. Para la obtención de la sacarina, se sulfona el toluol, con los que se originan simultáneamente los ácidos orto y para-toluol sulfóricos. El 0-toluol sulfórico, se transforma en amida, y la amida es oxidada por permanganato potásico pasando a ácido sulfamido-benzoico, el cual se deshidrata pasando a la 0-sulfamidabenoico o sacarina. Su empleo es muy amplio, tanto en preparados dietéticos, productos farmacéuticos, bebidas refrescantes, chicles, tratamientos contra la obesidad, etc.

Otras sustancias edulcorantes

Existen a parte de los edulcorantes derivados del maíz, otros de procedencia muy variada. Los más importantes son: azúcar invertido, jarabe de azúcar invertido, azúcar líquido invertido, xilitol, lactosa, iso manito e iso-sorbitol, tryptofano.

El azúcar invertido es un producto obtenido por hidrólisis de soluciones de azúcar y constituido por una mezcla de sacarosa, glucosa y fructosa. Se presenta como un líquido denso, viscoso, con un contenido máximo del 30% de sacarosa, 35% de agua, 0,35% de acidez expresada en ácido sulfúrico y 0,5% de sustancias minerales.

El jarabe de azúcar invertido es una solución de sacarosa en gran parte invertida pudiendo contener un 63% de cristales de sacarosa sobre sustancia seca; tiene un poder edulcorante análogo al del jarabe de sacarosa.

Otra solución de sacarosa parcialmente invertida es el azúcar líquido invertido, con un 62% de materia seca, y un 30 a 50% de azúcar invertido sobre materia seca. Posee un poder edulcorante próximo al de la sacarosa jarabe.

El xilitol se anuncia como un edulcorante anticaries, existiendo en el mercado diferentes productos que ya lo contienen, tales como: chicles, chocolatinas, caramelos de sabor a frutas, etc.

La lactosa es un producto obtenido del suero de la leche que puede presentarse en cristales o en polvo, blanco, inodoro y completamente soluble en agua dando un líquido neutro. Contiene como máximo un 0,5% de sustancias minerales, 3% de humedad y como mínimo un 95% de lactosa. De acuerdo con la reglamentación del Mercado Común Europeo, la lactosa puede utilizarse sin declaración al 5% sustituyendo a la sacarosa, en productos a base de cacao y en el chocolate, y al 30% con declaración obligatoria. Se utiliza también en la industria farmacéutica, alimentos dietéticos, caramelos, etc.

En este listado de edulcorantes, el iso-maltitol e iso-sorbitol, se anuncian como ideales para dietas de adelgazamiento por el bajo contenido en calorías que ambos poseen.

Completa estos ejemplos, el tryptofano, aminoácido natural y utilizado como suplemento alimenticio.

VI.- LA REMOLACHA. CARACTERISTICAS, COMPOSICION Y PARAMETROS DE CALIDAD.

La remolacha (Beta vulgaris), es una planta de la familia de las quenopodiáceas, de ciclo bianual que en el primer año produce una raíz grande y fusiforme, carnosa y azucarada de forma cónica y volumen variable, y el segundo año da flores nudosas que producen la semilla. Las hojas son grandes y constituyen el laboratorio y la fábrica

donde se elabora el azúcar, por lo que el penacho es bastante desarrollado. El tallo es aplastado y se reduce a una pequeña porción llamada cuello, por ser la zona de inserción de las hojas a la raíz.

La raíz es el almacén donde se acumula el azúcar, conteniendo normalmente del 12 al 18% de su peso en azúcar, desigualmente repartida, siendo la parte superior o cuello donde es menor, lo que justifica la operación del descoronado o supresión de hojas y cuello antes de su envío a la fábrica, ya que su pago es por su riqueza.

La recolección suele hacerse en los meses de junio a septiembre en el sur, y de octubre a enero en el norte de España y países de la Comunidad. A la primera se le llama remolacha de siembra otoñal, dándose como se ha dicho en el sur de España, de USA y en Africa.

Composición de la remolacha

En general y como cifras medias, la composición de la remolacha es la siguiente:

Agua	75%
Materia seca	25%
Azúcares	12 a 18%
No azúcares	13 a 7%

En cuanto a la composición química de la materia seca, que es muy compleja, la reflejamos en el cuadro de la página siguiente, en donde las bases se encuentran naturalmente en combinación con los ácidos, minerales u orgánicos, formando sedimentos (sales neutras) o ácidos, pero de manera que el jugo de remolacha es siempre ácido, con un pH de 6,0 - 6,5.

Destacar que la celulosa es el esqueleto que soporta todo el conjunto, y es separada en la pulpa, produciéndose aproximadamente en un 4 o 6% de la remolacha una vez seca, constituyendo un importante subproducto destinado a la alimentación animal, preferentemente a la de vacuno de leche, con una elevada digestibilidad y valor energético (12,2 MJ de energía metabolizable/kg de materia seca).

La rafinosa, que es un azúcar que, cuando está presente en cantidades significativas enmascara el valor de la polarización del jugo de la remolacha originando un valor mayor ficticio al pagar esta raíz por

MATERIA SECA

MATERIA ORGANICA

M.O.No nitrogenada

Hidratos de Carbono o Azúcares

Monosacáridos
Disacáridos
Trisacáridos
Polisacáridos

Azúcar invertido
Glucosa y fructosa
Sacarosa
Refinosa
Celulosa

Sustancias pécicas y gomas
Materias colorantes
Grasas
Sustancias cromáticas
Ácidos orgánicos

Monobásicos - glicólico
Bibásicos: Oxálico
Subeínico
Mólico
Malónico
Glutámico

M.O.Nitrogenada

Aminoácidos

Bergina,Asparraquina y ácido aspártico
Glutamina y ácido glutámico,Tiroxina,etc
Albúmina, legúmina,pectonos,enzimas y nucleína.

Proteínas

Bases orgánicas, Lecitina

MATERIAS MINERALES

Se encuentra en las cenizas de la remolacha:

Principalmente, potasio, sodio, calcio y magnesio, amoníaco, hierro, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido clorhídrico,silice y alu-
minio.

También se han hallado en ínfimas cantidades, manganeso, cesio, rubidio y boro.

por su riqueza en sacarosa.

El azúcar invertido aumenta considerablemente en las remolachas fermentadas, en descomposición o pudrición, y en general en las que se reciben en mal estado.

Los productos orgánicos nitrogenados están en mayor proporción en las remolachas de siembra otoñal, lo que hace se desprenda mucho amoníaco durante algunas fases de la fabricación del azúcar.

Los minerales como sodio y potasio son muy melacígenos, lo que hace que se inmovilicen y no permitan cristalizar a una buena parte del azúcar.

Calidad tecnológica

La mayor parte de todos estos componentes ajenos a la sacarosa, se eliminan en la depuración del jugo, pero para evaluar la calidad tecnológica de la remolacha, hay que tener en cuenta dos tipos de parámetros: físicos y químicos. Los primeros son la fibrosidad y la dureza o resistencia al corte, siendo éstos muy importantes en la remolacha de siembra otoñal, sobre todo en los años secos, dando esta remolacha fibrosa serios problemas en los molinos cortaraíces.

En cuanto a los parámetros químicos son:

Polarización: contenido en sacarosa de la remolacha medido por el método polarimétrico.

Pureza: relación entre materia seca y sacarosa.

Alfa-amino: contenido en compuestos aminados, pudiéndose expresar en meq/s remolacha ó meq/s sacarosa.

Na⁺ : contenido en sales sódicas, expresándose igualmente relacionados con la remolacha o la sacarosa.

K⁺ : contenido en sales potásicas, y expresado en relación con la raíz o sacarosa.

Reductores: presencia de glucosa y fructosa, expresada en porcentajes de remolacha.

La pureza del jugo de las remolachas del sur de España, suele variar del 80 a 85, y en el norte y países de la CEE del 85 a 89, con valores más bajos en los años secos.

La polarización se determina directamente en el jugo con el sa-

carímetro. La materia seca se mide por medio de un refractómetro o con el brixómetro, densímetro graduado en grados Brix, equivalentes a la materia seca.

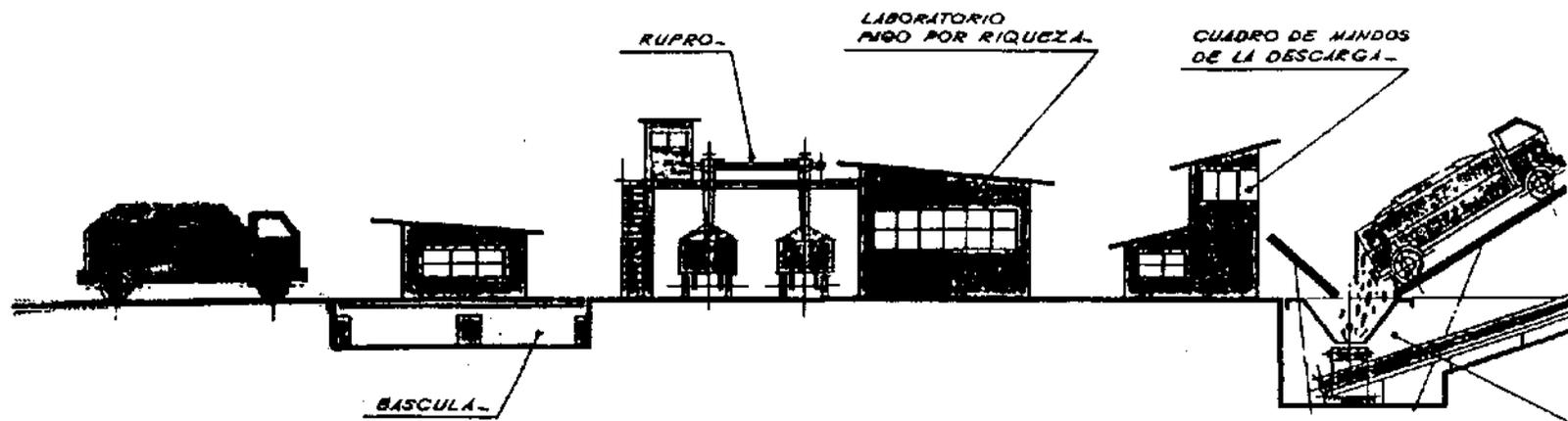
VII.- FABRICACION DE AZUCAR. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE UNA FABRICA. TIPOS DE AZUCARES COMERCIALES

De acuerdo con los esquemas que se adjuntan, al llegar los camiones cargados de remolacha a la fábrica, son pesados en una báscula automática, que imprime unos tickets con el camión y peso bruto del mismo, procesando estos datos en el ordenador. Seguidamente, se sitúa el vehículo bajo el puente de toma de muestra, sobre el que circula el "rupro" o aparato sonda que penetra en la carga, llegando hasta el fondo, cerrando sus valvas y extrayendo una cantidad de unos 12 a 15 kg de remolacha, que son introducidos por la misma sonda en el laboratorio de pago por riqueza, en donde se les limpia de tierra, corona y hojas que les acompañan, determinándole el descuento correspondiente que se anotan en el ticket y procesa el ordenador. A la remolacha limpia se polariza determinándose su riqueza sacárica, para su anotación en el comprobante y es fundamental para el pago, pasando a continuación el camión a la báscula de taras, con cuyo peso se halla el peso líquido a pagar.

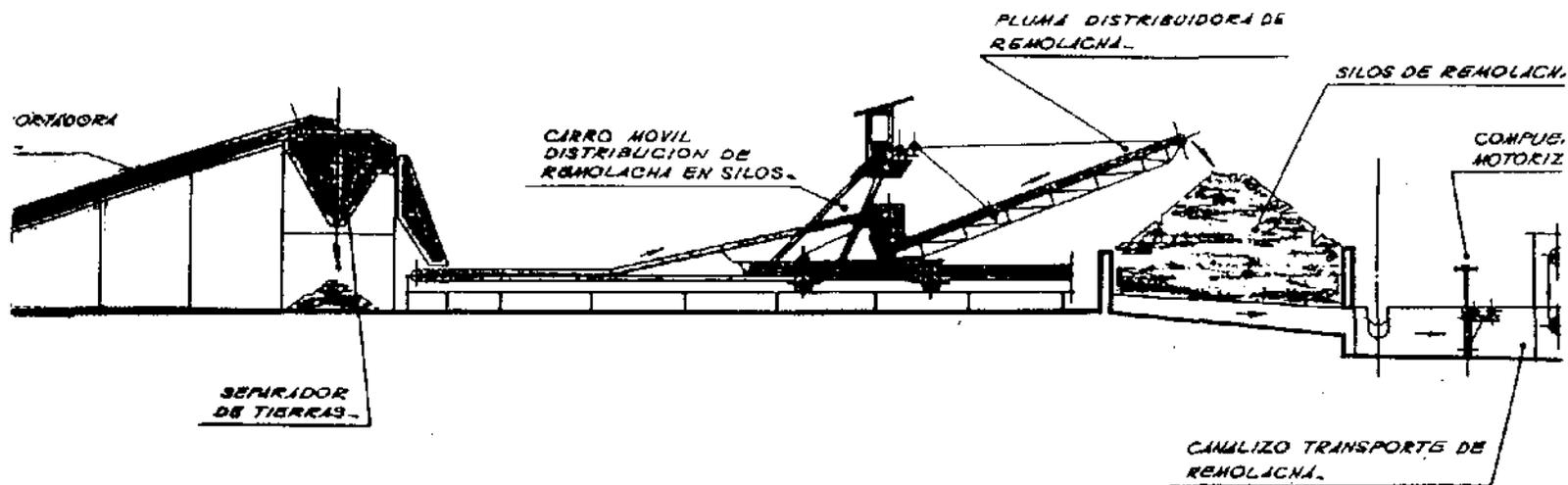
Pasa después el vehículo a situarse sobre la plataforma de descarga mecánica, donde la remolacha cae a una cinta transportadora que, mediante un carro móvil y una pluma distribuidora, la va almacenando en los silos. Los silos son unos depósitos de hormigón con el fondo inclinado y un canalizo central por él que circula el agua de transporte a la fábrica.

El desensilado y transporte a la fábrica se efectúa por medio de unas metralletas de accionamiento manual, que lanzan sobre la remolacha un chorro de agua a $3/4 \text{ kg/cm}^3$ de presión y las conduce al canalizo del silo, y de éste, al canalizo general, en el cual hay una compuerta motorizada accionada desde el lavadero para regular el caudal, caudal que supone 5 ó 6 partes de agua de transporte por una de remolacha. En el curso de dicho canalizo y antes del final, están situados los aparatos desherboradores que quitan las hojas y las hierbas que acompañan a la

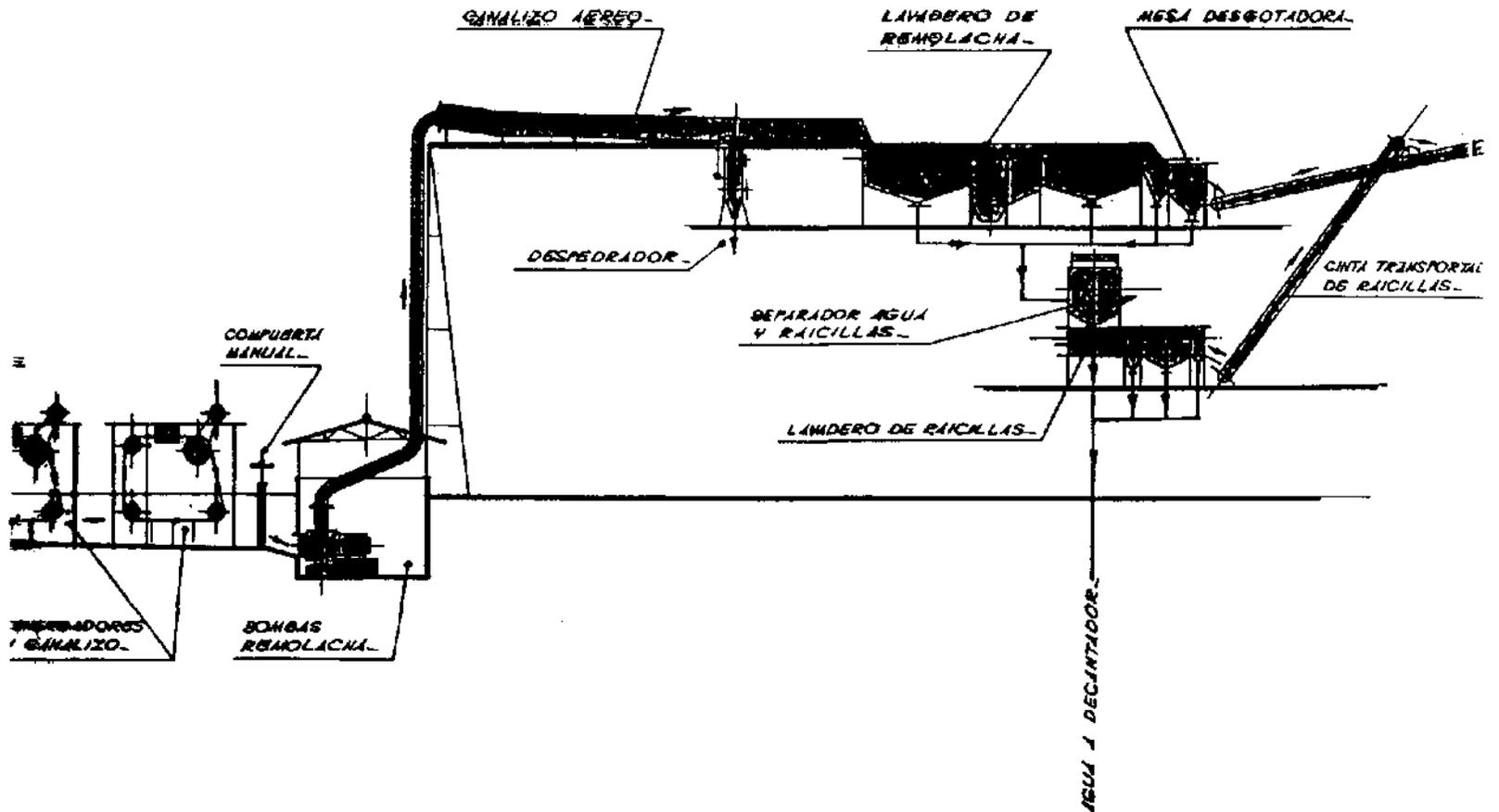
RECEPCION DE REMOLACHA, PAGO POR RIQUEZA y DESCARGA MECANICA



DISTRIBUCION DE LA REMOLACHA EN LOS SILOS DE ALMACENAJE



TRANSPORTE DE REMOLACHA A FABRICA Y LAVADERO



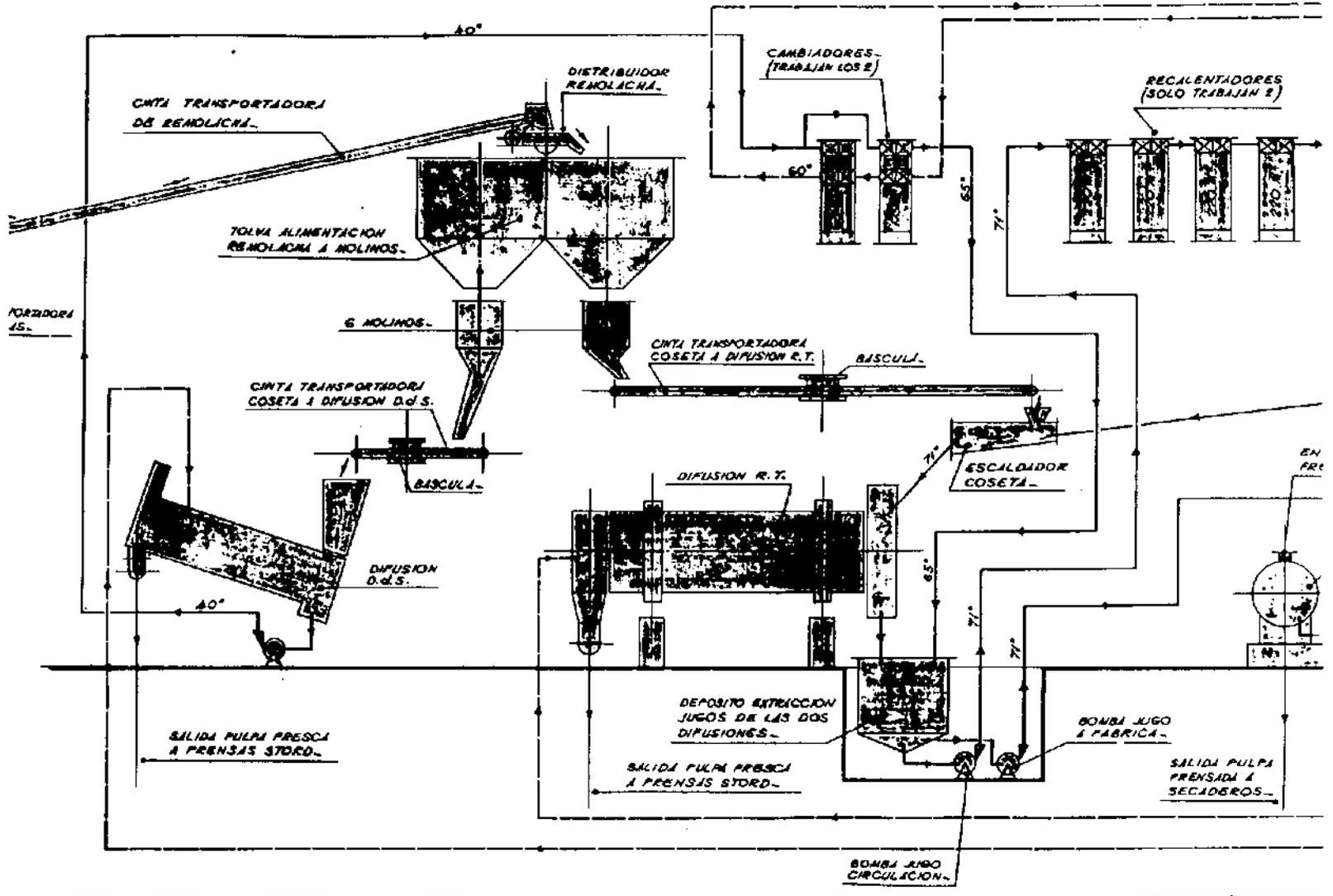
remolacha depositándolas en el exterior. A continuación, al final del canalizo, está situado un foso que aloja a las potentes bombas de remolacha, que elevan todo el contenido que les llega de agua y raíces a un canalizo aéreo, en el que están situados uno o dos despedradores que separan por gravedad las piedras, cascotes y productos más pesados que la remolacha y, por último, un desarenador que separa la arena que le acompañe. Estos productos separados, piedras y arena, caen por gravedad a cota +0, donde se amontonan y se retiran.

La vena de agua y remolacha desprovista de otras materias, entra en el lavadero de remolacha, en el que se le da un último lavado con agua nueva y, una vez escurridas, se rocían con agua clorada para desinfectar la superficie de la remolacha de los microorganismos que pueda llevar. El agua que drena de los fondos del lavadero se recoge en un depósito situado en el piso inferior que va provisto de un separador de raicillas, las cuales por medio de una cinta, se reincorporan a las remolachas que salen del lavadero, mientras el agua pasa a una alcantarilla que la lleva al decantador.

A la salida del lavadero, hay una mesa desgottadora para escurrir la remolacha y por medio de una cinta transportadora, son conducidas a una tolva que alimenta a los molinos cortarraíces. Estos molinos son unos depósitos cilíndricos con fondo cónico, que tienen al final de la parte cilíndrica un plato plano que lleva alojados los portacuchillas cuchillas de acero con dientes en forma de uve, y que al girar alrededor de su eje van cortando en finas tiras o fideos de sección en V, a la remolacha que gravita sobre ellos. La remolacha así cortada recibe el nombre de "coseta", que cae por la parte cónica inferior de los cortarraíces a una cinta transportadora sobre la que hay instalada una báscula automática que va pesando, integrando y procesando la cantidad de coseta entrada.

Dicha cinta transportadora conduce la coseta a la difusión o difusiones que tenga la factoría. Las difusiones más frecuentes en España, Francia y Bélgica son las RT y DDS. En Alemania y países de clima más fríos, son difusiones verticales. Ambos tipos RT y DDS son de con tracorriente, es decir, por un extremo entra la coseta y sale el jugo, y por el otro opuesto entra el agua y sale la coseta agotada o pulpa.

DIFUSION RT y DdS



La cantidad de agua que suele entrar en la difusión es aproximadamente el 110% de la coseta entrada, agua que procede del agua de prensas, que se retorna en su totalidad y de agua nueva.

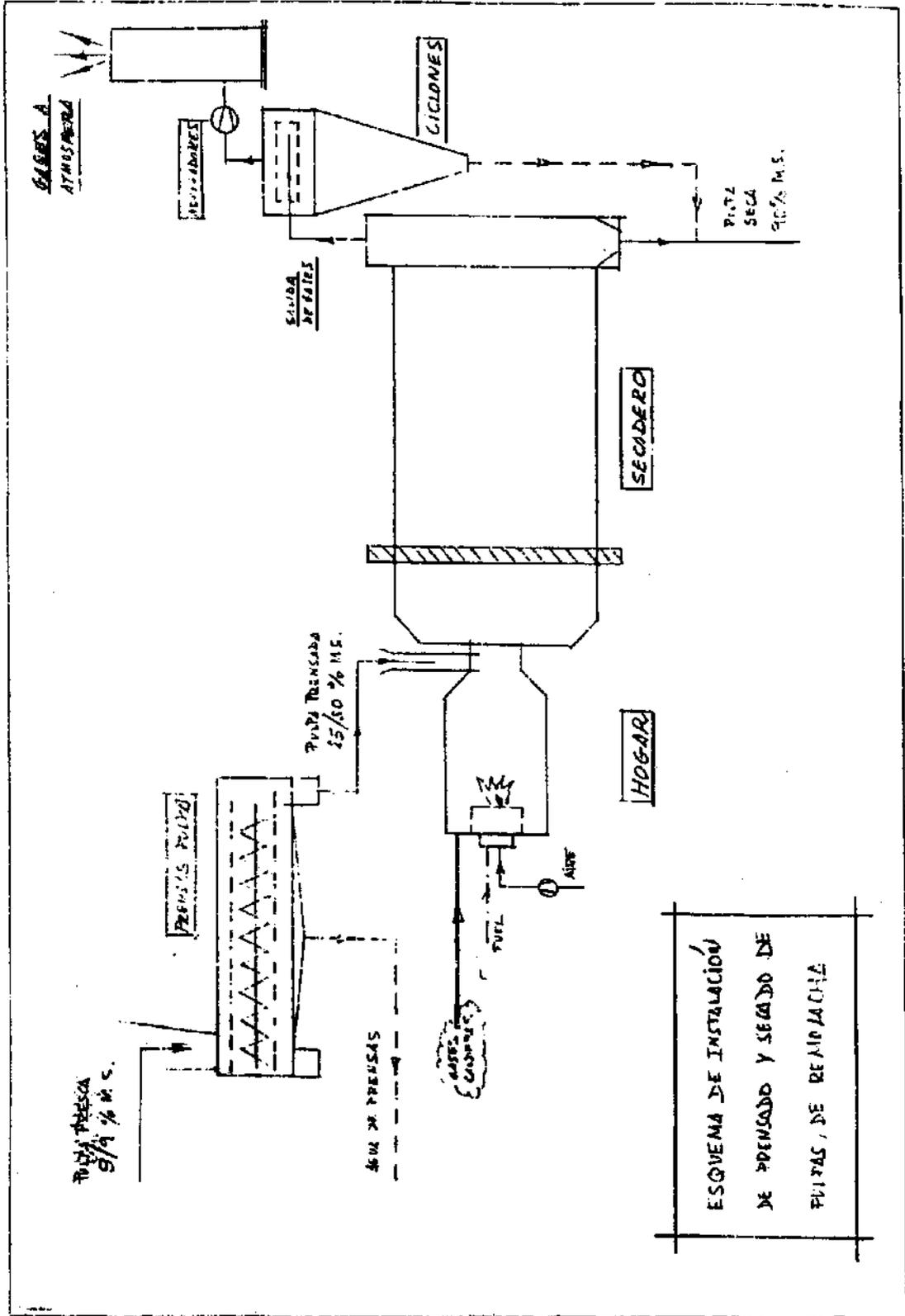
Con este sistema de contracorriente, el azúcar existente en el interior de la célula disfundé por las paredes o membranas celulares el líquido acuoso que va aumentando hasta alcanzar un 12 al 17% que tiene a la salida, lo que se llama "jugo de difusión".

La difusión RT es un cilindro horizontal de 4 a 6 m de diámetro y de 22 a 30 m de longitud, girando lentamente alrededor de su eje a una velocidad variable, existiendo en su interior un sistema de cestas de chapa perforada formando una hélice que hace retroceder la coseta que se va agotando, y hacia delante el agua que se va convirtiendo en jugo de difusión. Este jugo cae por gravedad a un depósito situado en un foso bajo la cabeza de la difusión y de allí es bombeado a las instalaciones de la depuración.

Por la parte trasera de la difusión sale la pulpa ya agotada - que cae sobre una hélice horizontal que la conduce a través de un elevador y otras hélices, a las prensas de pulpa. Esta pulpa agotada lleva un 8 a 9% de materia seca.

La difusión DDS la forman dos hélices en paralelo con ejes inclinados en unos 25 a 30° aproximadamente. Por la parte, entra la coseta y sale el jugo. Por la parte más alta, entra el agua y sale la pulpa, girando las hélices a poca velocidad. La diferencia principal entre una y otra es que esta última es más barata y sale el jugo frío. La segunda es mucho más cómoda, potente y sólida, no dando problemas durante la campaña.

En cuanto a las prensa de pulpa son unos cilindros de chapa perforada y eje horizontal, que aloja en su interior una gran hélice de paso variable, y una parte cónica que comprime la pulpa expulsando el agua por las perforaciones de toda su envolvente, de forma que, la pulpa agotada que entra en ella con el 8 o 9% de materia seca, sale con un 25 a 30% de materia seca. Este agua, llamada de prensa, se recoge en un depósito y se bombea para alimentar la difusión, retornándose para aprovechar la pequeña cantidad de azúcar que aún contiene, aproximadamente un 0,2%. La pulpa prensada, con el 28 a 30% de



ESQUEMA DE INSTALACIÓN
 DE Prensado y Secado de
 Pulpas, de Remolache

materia seca, se introduce en los secaderos. Antes, suele melazarse o vinazarse, añadiéndole una pequeña cantidad de melaza o vinaza al objeto de aumentarle su valor nutritivo.

El secadero es un cilindro de chapa de eje horizontal, de unos 2 a 2,5 m de diámetro que gira a escasa velocidad, y que en su interior lleva unas chapas que imprimen a la pulpa que cae sobre ellas un movimiento de avance, y por cuyo interior circulan también hacia adelante los gases producidos por un hogar de combustión de fuel, mezclados con los gases de combustión de los hogares de las calderas de la fábrica, a una temperatura de unos 280 a 300°C a la entrada, saliendo por el otro extremo del tambor a unos 100 a 110°C, yendo a parar a unos ciclones con el fin de eliminar las pequeñas partículas de pulpa antes de salir al exterior. El tiro lo realizan unos potentes ventiladores que aspiran estos gases y después de limpios los lanzan al exterior.

La pulpa seca, con el 90% de materia seca, sale por la parte inferior del extremo del tambor del secadero y es conducida bien al almacén donde se envasa en sacos de yute de 40 kg, o bien a las prensas de granulación donde se peletiza y se almacena a granel. Este producto, en su mayor parte, se exporta a los Países Bajos, Alemania y Japón.

El jugo de difusión, con pH próximo a 6,5, a la salida de la misma, es conducido a las instalaciones de depuración, donde primero se calienta en los recalentadores con el vapor más bajo, luego se pasa a los intercambiadores en los que se aumenta su tiempo hasta los 70-75%, siguiendo al preencalado en donde se le añade lechada de cal, y en el que se la hace pasar escalonadamente por distintos compartimentos sucesivos hasta alcanzar pH de 10,5 a 11, que es donde se hace la verdadera depuración química, pues va recorriendo los puntos isoeléctricos de las diferentes materias coloidales (aminoácidos, proteínas, materias pécticas y pigmentos) que lleva el jugo y precipitan al alcanzarlos. A esta purificación del jugo azucarado, sigue el proceso de saturación, que consiste en añadir en el encalado, y previo calentamiento a 80°, un exceso de cal que precipita en forma de sales cálcicas los ácidos orgánicos disueltos (fosfórico, oxálico, cítrico, etc). A continuación sigue el llamado proceso de saturación, que consiste en pasar, previo ca-

lentamiento a 85°C, una corriente de anhídrido carbónico, proceso de carbonatación, que descompone el sacarato cálcico que antes se ha formado, precipitando el exceso de cal en forma de carbonato cálcico, todo lo cual será separado del jugo en el siguiente proceso de filtración.

El proceso de carbonatación tiene generalmente dos fases: 1ª carbonatación y 2ª carbonatación, no obstante en algunas fábricas tiene un paso intermedio: la sobrecarbonatación. En la 1ª se rebaja la alcalinidad del jugo desde 12 a 15 g/l de OCa, hasta 1 a 1,25 g/l de OCa, formándose un precipitado muy voluminoso. El jugo así carbonatado pasa a un depósito donde se bombea seguidamente a los filtros de 1ª filtración. Los lodos de estos filtros, pasan al depósito de purgas, y de allí, a los filtros de vacío.

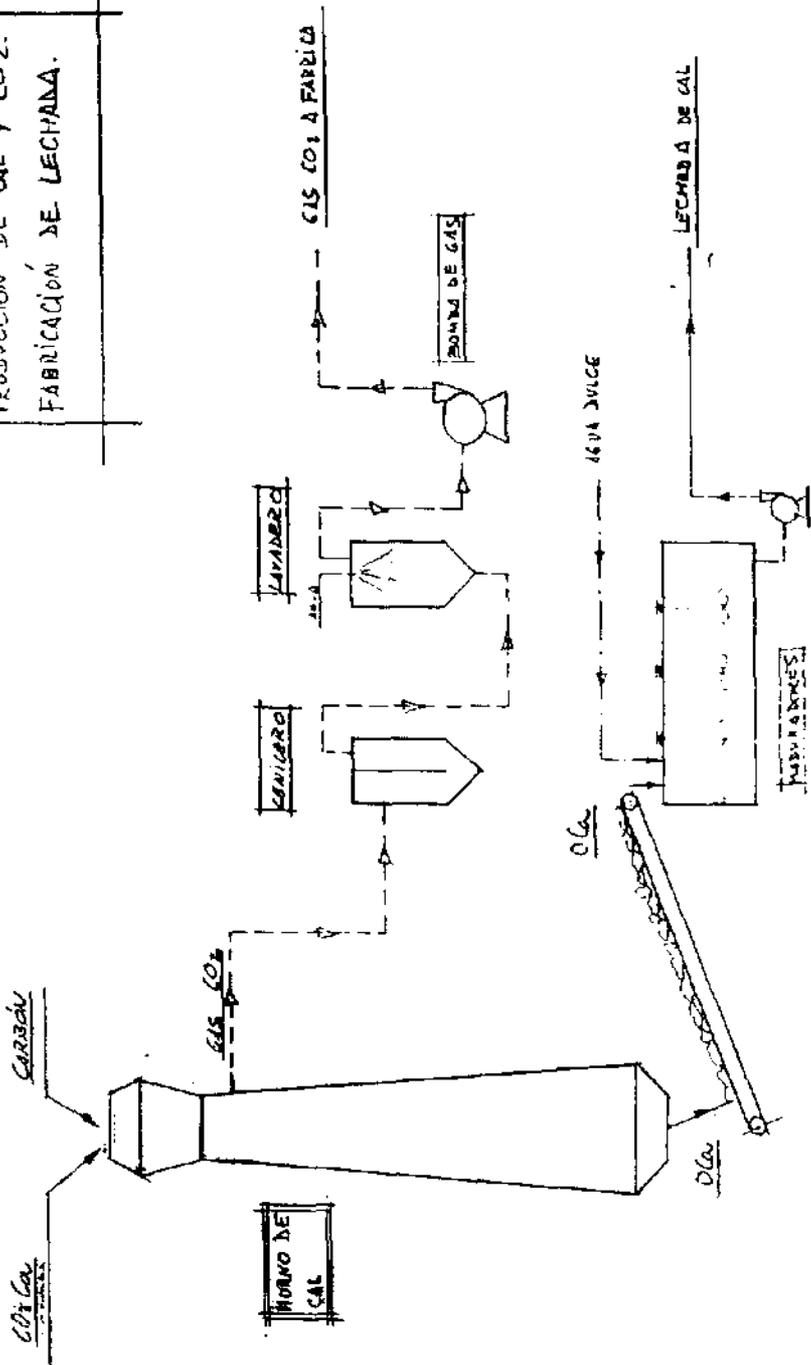
El jugo de filtrado de primera, se calienta a 95°C en unos recalentadores, con el fin de precipitar los bicarbonatos, pasando a la 2ª carbonatación hasta rebajar su alcalinidad a 0,20-0,25 g/l de OCa y de allí al depósito del jugo carbonado de 2ª, bombeándolos a los filtros de segunda, llevando estos lodos nuevamente al depósito de purgas y de estos a los filtros de vacío.

El jugo filtrado de 2ª se bombea a los filtros de 3ª, como filtración de seguridad, enviando este jugo claro al depósito de antevaporación. Este jugo que tiene un color parecido al del vino blanco de mesa o al fino de Jerez, completamente transparente, es bombeado a través de unos recalentadores llamados de antevaporación, que lo calientan a 125°C, a la primera caja o primer cuerpo de evaporación, al objeto de concentrarlo y convertirlo en jarabe.

La evaporación tiene por finalidad concentrar el jugo pasándolo de 15 o 17º Brix, que tienen a la entrada, a jarabe de 65 a 70º Brix a la salida, aprovechando para ello el vapor de retorno procedente de los turboalternadores, previamente humificado para rebajar su temperatura a unos 145°C.

El jarabe saliente de la evaporación o jarabe virgen, es conducido por bombeo a un depósito, del que pasa a la sulfitación con SO₂, para precipitar el posible OCa que puede llevar, así como para decolorarlo, pasando seguidamente, previa calefacción, a los filtros de jarabe, y de allí el jarabe depurado y filtrado, se bombea a un depósito, en espera de entrar a las tachas para cristalizar.

PRODUCCION DE CAL Y CO₂.
FABRICACION DE LECHAMA.



Las tachas son aparatos de cocción al vacío, en donde se alcanza la sobresaturación del jarabe a unos 80°C y se forman los cristales de azúcar, que se continúan alimentando constantemente de jarabe de tacha, para que los cristales vayan engordando, es decir, vayan aumentando de tamaño siguiendo las leyes de cristalización, hasta alcanzar el tamaño deseado.

Para conseguir que el total del azúcar producido sea de buena calidad, las fábricas trabajan en tres productos :

1º Azúcar comercial, blanco, de 98% de polarización, fabricado en las tachas de primera con el jarabe virgen más refundido.

2º Azúcar de intermedia, de color ligeramente pardo acaramelado, de 95 a 97% de polarización , que se refunde o disuelve con jugo de 3ª produciendo un jarabe refundido que se filtra y se envía a las tachas de 1ª juntamente con el jarabe virgen.

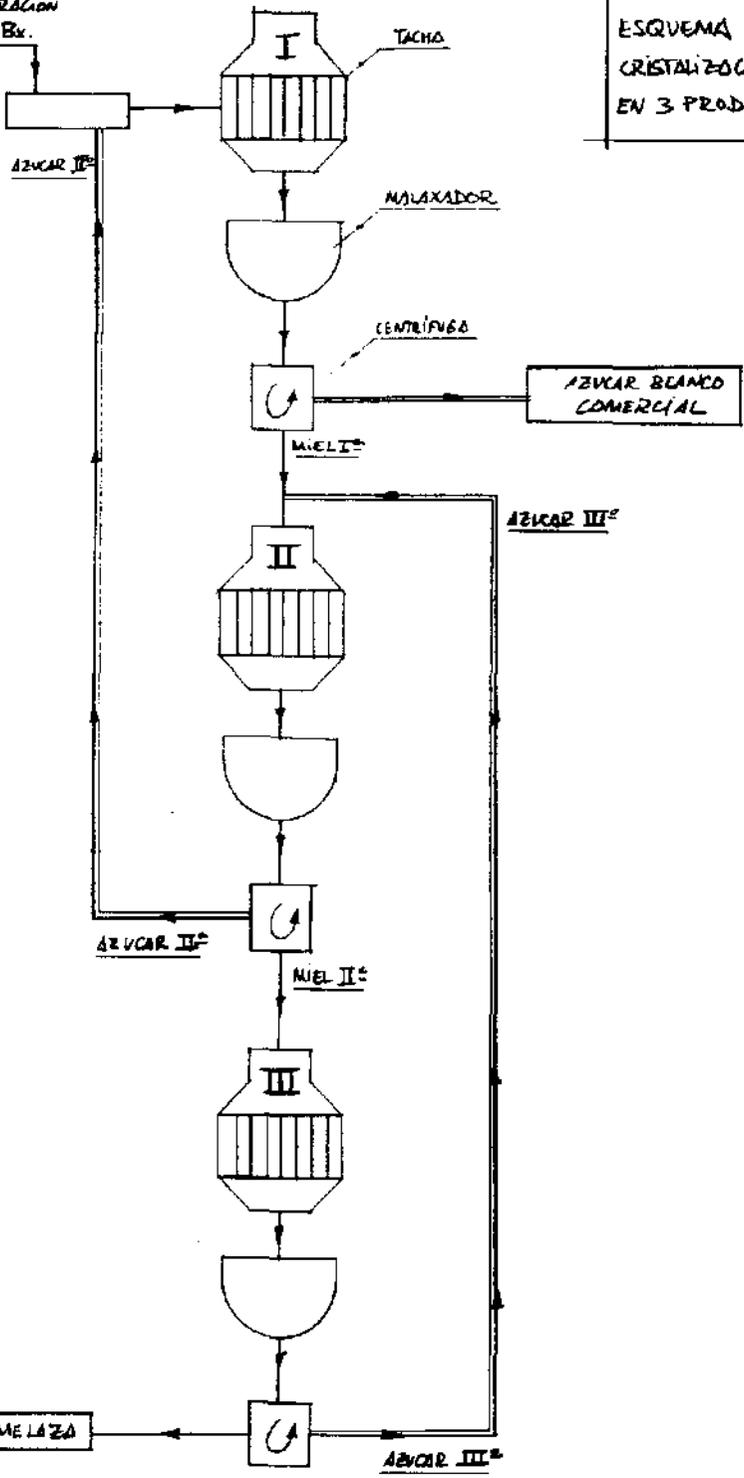
3º Azúcar rojo, de color marrón rojizo, último producto de la cristalización cuyos cristales están impregnados de melaza y su polarización es aproximadamente 90%. Este azúcar se empasta, macera con miel procedente de las turbinas de 1ª y dicho empastado se lleva a las tachas de afinado para producir azúcar de intermedia, y se sigue el ciclo.

Las aguas madres de la cristalización se llaman nidos y son realmente disoluciones de azúcar en agua que llevan consigo la parte de carga de no azúcar que no han sido eliminadas en la depuración, y que, después salen de las turbinas del tercer producto con el nombre de melazas. Estos no azúcares inmovilizan azúcar, es decir, impiden la cristalización de una buena parte de la misma, sobre todo, los iones alcalinos, Na y K, por lo tanto es importante la cantidad de azúcar que se pierden en las melazas, aunque en los últimos años se ha logrado mejorar los rendimientos, mediante un sistema de intercambiadores de iones, que permutan Na y K por Mg.

Para conseguir en las tachas una buena cristalización y un buen rendimiento de cristales, se recurre a la cristalización por choque que consiste en preparar una emulsión de polvo finísimo de azúcar obtenido en un molino de bolos, con alcohol, en el que el azúcar es muy poco so-

TARARE SOLIDA
EVAPORACION
70° Bx.

ESQUEMA DE
CRISTALIZACION
EN 3 PRODUCTOS



luble y tiene gran poder dispersante. Esta suspensión, en cantidades de uno o dos litros, se introduce en la tacha en el momento en que el jarabe que hay en ella haya alcanzado el grado de sobresaturación deseado, a unos 80 a 82°C. De este modo, las moliendas de sacarosa se van depositando sobre las caras de los minúsculos cristales que hemos sembrado, y de acuerdo con las leyes de cristalización van aumentando el tamaño de los cristales, evitando la formación de polvo.

La cocción en las tachas, va regulada por unos aparatos que van registrando la conductividad o, mejor dicho, la resistividad de la disolución de azúcar, y con ello, se ve el momento idóneo de la siembra y la conducción de la cocida hasta su final. Cuando llega este último, se cierra la introducción de jarabe en la tacha, se corta el vacío y se descarga a los malaxadores o depósitos semicilíndricos en los que se recoge la cocida para alimentar las turbinas.

Las turbinas centrífugas son los aparatos que sirven para separar el azúcar de la miel que la acompaña. Están constituidas por una canasta cilíndrica de eje vertical de chapa perforada por orificios de 5 mm de diámetro, revestida dicha chapa interiormente por una malla o red de latón, y sobre ella una tela de cobre perforada con orificios muy pequeños, de pocas décimas de milímetro, por los cuales no caben los granos de azúcar y sí el líquido o miel. Esta canasta es solidaria a un eje vertical de acero especial, el cual, por su parte superior, va unido a un potente motor eléctrico de velocidad variable hasta llegar alcanzar las 1,500 rpm y después del tiempo programado frena su velocidad hasta aproximadamente 50 rpm.

El funcionamiento de las turbinas es discontinua y están programadas por un ordenador en todas sus operaciones, que son:

1ª Puesta en marcha y arranque.

2ª Carga de masa cocida por medio de una tubería que sale del malaxador a la canal de carga de la turbina. La masa cae a un plato o disco central que ésta situado en el eje y la reparte por la fuerza centrífuga a toda la pared cilíndrica.

3ª Aceleración y lavado con agua caliente.

4ª Cambio de niveles.

5º Centrifugación.

6º Frenado, y

7º Descarga;

y terminada ésta, automáticamente vuelve a comenzar el ciclo.

Lo mismo que existen tachas para cada uno de los tres productos de los que hemos hablado anteriormente, existen tres tipos de baterías de turbinas:

a) Turbinas de primera en donde se turbinan las cocidas de 1ª.

b) Turbinas de intermedia o afinado, donde se turbinan las cocidas de intermedia.

c) Turbinas de segunda o bajos productos, donde se turbinan las cocidas de bajos productos.

De las primeras se obtiene el azúcar blanco, comercial, de 99,8 por ciento de sacarosa que va por medio de cintas transportadoras y elevador, al separador de granzas y al secadero de azúcar. A la salida del secadero, por análogo procedimiento de transporte, se conduce al silo de azúcar para su almacenamiento a granel o al "carrusel" de envase y pesado. El envase es en sacos de algodón y plástico en el interior, de 60 kilogramos netos para su transporte y apilado en el almacén. De este silo de azúcar, que suele tener una capacidad de 20.000 a 40.000 toneladas se puede también sacar el azúcar para su envasado mecánico en bolsas de un kilogramo, o la fabricación de terrones para su posterior envasados en paquetes de un kilogramo, o capas de 25 kg de terrones a granel.

La miel separada en las turbinas, se llama miel pobre y de ellas se alimentan las tachas de intermedia y afinado para producir las cocidas de intermedia. La miel que se produce después del lavado de las turbinas de primera se llama miel rica y se introduce al final de las cocidas de 1ª.

El azúcar amarillo o azúcar de intermedia, hemos dicho se refunde con jugo depurado y forma el jarabe refundido que se incorpora a las tachas de primer producto.

La miel que sale de las turbinas de intermedia, se llama miel de

intermedia y pasa a las tachas de 2ª o de bajos productos para producir el azúcar rojo. Estas tachas descargan a los cristalizadores su masa a 75 a 80°C. Los cristalizadores son depósitos cilíndricos de eje horizontal con aspas, refrigerados por tubos de agua fría que bajan la temperatura a 50°C, a la cual se turbinan en las turbinas de bajos productos separando el azúcar rojo y la miel que llamamos melaza. El azúcar rojo va al empastado con miel pobre, y la melaza se bombea a los tanques de almacenamiento.

En cuanto a los productos comerciales que se obtienen del azúcar, son los siguientes:

a) Azúcar pilé: es un azúcar en grano fino que se hacía en las antiguas turbinas manuales, en las que se le colocaba una caña vertical para facilitar su troceado y descarga manual. Se sacaba en grandes trozos de 10 a 15 kg que, luego, tras 24 hora de enfriado en un almacén se trituraban en molinos especiales antes de envasarla. Todas las operaciones eran manuales y los principales clientes eran del sur de España y de Marruecos, azúcar que en la actualidad no se fabrica por ser antieconómica.

b) Azúcar granulado, que es el más corriente, envasado en sacos de algodón y plástico de 50 kg de contenido o en bolsas de 1 kg enfaradas en fardos de 10 unidades.

c) Azúcar en terrones prismáticos, con formas diversas producidos en máquinas especiales, que pueden ser estuchados o no, en cajas de 1 o 25 kg, o a granel azúcar que con las anteriores tienen un 99,8 % de pureza.

d) Azúcar moreno, del 96 a 97% de pureza, que contiene también glucosa, fructosa, proteína, fibra, Ca, Mg, etc., que se comercializa en bolsa, a granel o en terrones envasados en cajas de 1 kg. Normalmente se trata de azúcar de caña sin refinar, puesta de moda porque tiene menos calorías.

En cuanto al análisis de calidad utilizados para la clasificación de estos productos, los más adecuados son los métodos ICUMSA de análisis de azúcar, métodos oficiales recomendados por la Comisión Internacional de Análisis de Azúcar, aceptados por todas las naciones pa

ra determinar los siguientes parámetros: sacarosa, azúcares reductores, rafinosa, cenizas, materia seca-sólidos totales, constituyentes inorgánicos (contaminantes), color-turbidez y medición de pH.

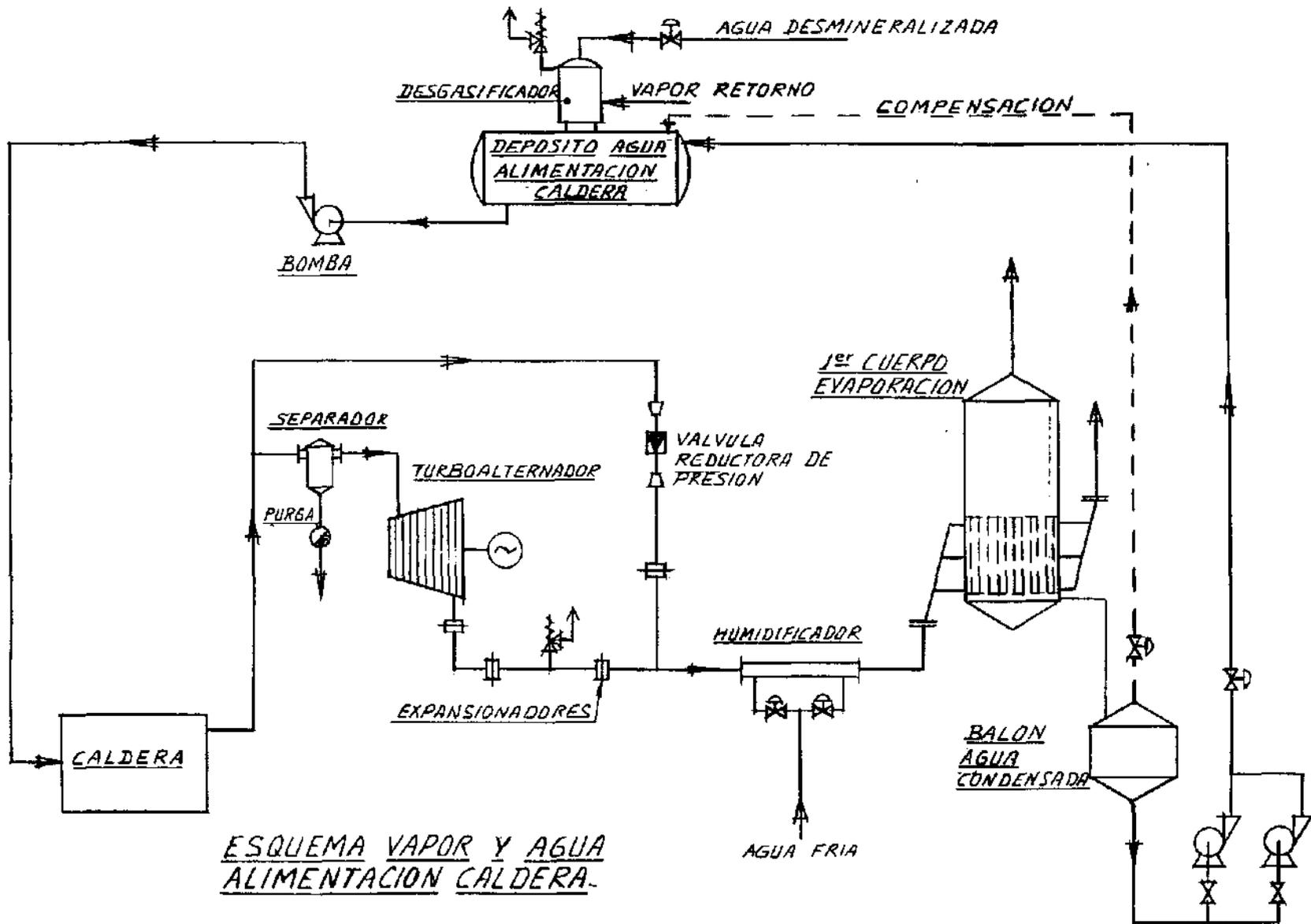
VIII.- CONSUMO DE ENERGIA Y APROVECHAMIENTO

La energía necesaria para la producción de azúcar en las azucareras, es normalmente generada en sus propias instalaciones por generadores de vapor y de energía eléctrica, y solamente en pequeñas cantidades suele tomarse de la red exterior.

Antiguamente y hasta mediados de los años 60/70 eran generadores de vapor, o calderas, que quemaban carbón, preferentemente de hulla, produciendo vapor de agua a una presión de 8 a 14 kg/cm². Este vapor producido y sobre calentado, entraba a accionar los pistones de la máquina de vapor, cediendo una parte de su energía calorífica que se transformaba en energía mecánica a través de la "biela", que accionaba una gran polea de 3 a 4 m de diámetro que la hacía girar alrededor de su eje y que mediante una gran correa, inducía el movimiento a una transmisión general y de ella, por medio de juegos de polea, transmitía el accionamiento a las bombas, compresores, hélices, etc.

El vapor de escape o saliente de los pistones, después de expandido, llamado vapor de retorno, es el que se llevaba por una gran tubería y después de humidificarlo, a la evaporación del jugo y convertirlo en jarabe. Esta evaporación del jugo se conseguía al ceder el vapor su calor latente, a través de los tubos y condensarse en forma de agua caliente a unos 115 al 209°C, agua caliente que se recogía en un bolón y se bombeaba a los depósitos de alimentación de calderas, cerrándose así el ciclo.

En años posteriores se fueron sustituyendo las máquinas de vapor por tuboalternadores, que transforman la energía calorífica en eléctrica, produciéndose así un mejor y más económico aprovechamiento de la energía, suprimiéndose la mayor parte de las transmisiones y correas, mediante el acoplamiento de motores eléctricos a cada uno de los accionamientos mecánicos. Por razones técnicas y sobre todo económicas el fuel fue poco a poco sustituyendo al carbón, de costosa manipulación y trans



ESQUEMA VAPOR Y AGUA ALIMENTACION CALDERA.

porte, eliminando también así el problema de las escorias que salían de las calderas.

Las calderas con los quemadores de fuel producen un vapor a una presión de 30 kg/cm^2 , que es recalentado a 410°C , y acciona la turbina o primera parte del turboalternador, haciéndolo girar a unas 8.000 rpm. Por otra parte, el eje de la turbina, a través de un reductor de velocidad, acciona el giro del rotor del alternador a 1.500 rpm, dentro del estator o campo magnético, produciendo una corriente eléctrica, generalmente a 6.000 voltios, que posteriormente se transforma a 380 como línea de salida en baja tensión para alimentar a los motores de los diversos accionamientos. El consumo de vapor de estos turboalternadores es aproximadamente de 10 a 10,5 kg de vapor/kw.

Actualmente al aumentar la capacidad de molturación de las fábricas azucareras, y la necesidad perentoria de economizar energía, se instalan calderas de alta presión, de hasta 70 y 80 kg/cm^2 y turboalternadores de 12.000 a 15.000 kw/h de potencia, con consumos de vapor de 6 a 8 kg/kw.

IX.- SUBPRODUCTOS DE LA FABRICACION DEL AZUCAR

Como se ha señalado anteriormente, los subproductos de la fabricación del azúcar son la pulpa y la melaza. Los rendimientos medios de pulpa son de 52 a 60 kg/Tm, con el 90% de materia seca, así como de 48 a 52 kg de melaza por tonelada de remolacha.

La pulpa se seca y se peletiza en las azucareras, para su venta a granel, o se envasa en sacos en rama para la alimentación animal, debiendo señalarse que existe en nuestro país una tradición exportadora de esta pulpa a otros países de la CEE, aproximadamente el 40% de nuestra producción. También se exporta frecuentemente a Japón.

En cuanto a la melaza puede destinarse a fines muy diversos, pero especialmente a la obtención de alcohol, levadura, ácido cítrico y a la alimentación animal. La obtención de los primeros productos se suele efectuar en la propia azucarera, cerrando de esta forma la totalidad del ciclo de transformación de la remolacha.

Debemos significar que el consumo en piensos de la melaza, contrariamente con lo que ocurre en los otros países de la CEE, en el nues

CONSUMO DE COMBUSTIBLE FABRICAS ESPAÑOLAS

NOMBRE FABRICA	CARBÓN DE 7000 CAL.	FUEL DE 9,700 cal	FUEL/TM
	<u>% REMOLACHA</u>	<u>% REMOLACHA</u>	<u>AZUCAR PROD.</u>
El Carpio	5,89	4,25	321 Kg.
Salamanca	4,14	2,99	227 Kg.
Jedúa	4,53	3,27	217 Kg.
Aranda de Duero	4,26	3,07	217 Kg.
La Bañeza	4,15	3,00	228 Kg.
La Rinconada	<u>5,13</u>	<u>3,70</u>	<u>279 Kg.</u>
PROMEDIO	4,68	3,38	248 Kg.

FACTORÍAS DE LA C.E.E

Seclin	3,20	2,31	169,95
Soupes	2,49	1,80	177,69
Connantre	3,38	2,44	187,69
Offtein	3,00	2,16	166,15
Finnsugar	3,49	2,52	193,85
Turenki	4,43	3,20	246,15
Toury	<u>2,49</u>	<u>1,80</u>	<u>138,46</u>
Promedio 3,21		2,32	182,85

ENERGÍA ELECTRICA

Tomamos los datos de tres campañas de una fabrica

Molienda			
En TM de Remolacha			
Trabajado	470.266	288.815	397.311
KW/Consumido	17.994.100	11.954.000	15.206.000
Kw/Tm.Rem	37,84	41,39	38,27

tro está muy poco desarrollado, por lo que sería muy positivo, se establecieran las medidas oportunas para fomentar el empleo de esta fuente energética de elevada digestibilidad en la alimentación de las diversas especies domésticas, sobre todo teniendo en cuenta que este producto comienza a ser excedentario.

Desde la perspectiva de la CEE debemos señalar que España mantiene una actitud netamente exportadora de pulpa seca y que, por otro lado, los restantes países de la CEE son netamente importadores de melaza de países ajenos, lo cual coloca a los subproductos de la fabricación de azúcar en una buena posición dentro de la misma.

X.- CONSUMO DE AGUA Y DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

El consumo de agua en las azucareras y su retorno o vertido a los cauces públicos después de utilizada, es un factor muy importante al decidir el lugar de implantación de una fábrica, que deben instalarse en la proximidad de un acuífero, río o arroyo, o en su defecto con agua subterránea que garantice el suficiente caudal.

El consumo de agua de una azucarera de 5.000/Tm/día se estimaba a principio de la década de los 70, en unos 200 l/segundo, pero dado de la elevación del precio del agua, y los serios problemas surgidos en España por la contaminación de los vertidos de estas instalaciones, se ha tenido que aprovechar al máximo este recurso, máxime al sufrir períodos de grandes sequías por falta de lluvias, disminuyendo considerablemente este consumo hasta cantidades de 25 a 30 l/segundo, utilizando incluso el agua de composición de la remolacha (75 al 80% de su peso).

Para conseguir la reducción del caudal de toma y la depuración de los vertidos se han tenido que realizar grandes instalaciones complementarias, aumentando considerablemente la superficie de las balsas de decantación y de aireación, así como la construcción de cuatro circuitos de aguas independientes: circuito de agua nueva, de agua condensada, de agua refrigerada y de agua decantada.

Junto con ello, se tiene que preparar en un lugar separado de la fábrica y lejos de cualquier zona urbana, una superficie o campo,

monte o depresión natural, debidamente autorizado por las autoridades competentes, el depósito en seco de la tierra aportada por la remolacha y separada del fondo de las balsas de decantación, así como destinadas al relleno de superficies autorizadas.

Las aguas que últimamente van al vertido de los cauces públicos son las que después de decantadas pasan al depósito de aireación, vertiéndolas solamente el caudal autorizado después de su análisis, ya que no debe olvidarse que el mayor contaminante de las mismas es su contenido en materia orgánica y ésta, afortunadamente es biodegradable.

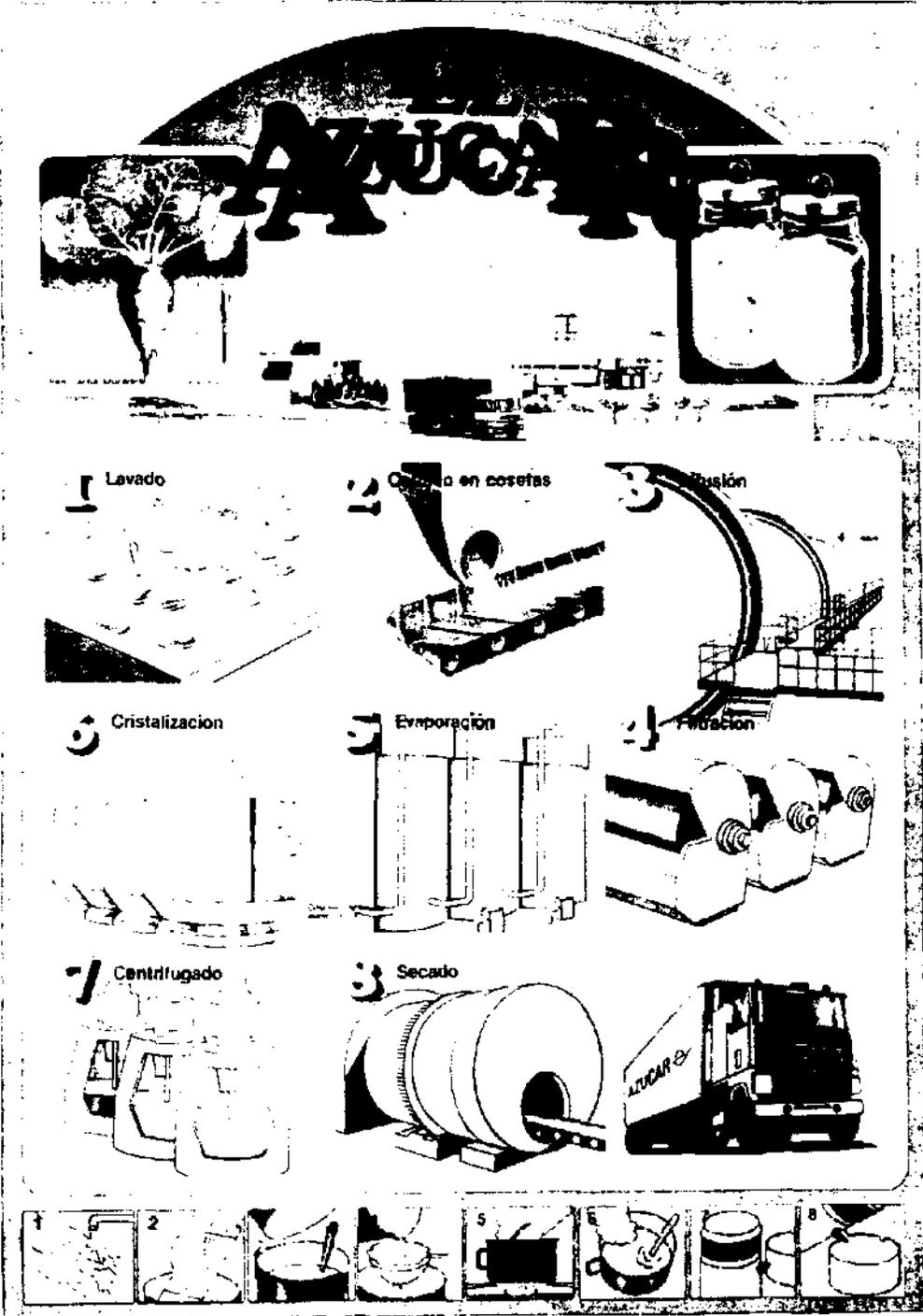
El ahorro de agua es tan notorio, que en la última campaña han existido fábricas en Andalucía que no han vertido ni un sólo litro de aguas residuales a cauces públicos en toda la campaña.

En la legislación Comunitaria, caso de Alemania, las aguas de vertidos no deben de rebasar los siguientes valores máximos:

Demanda química de oxígeno (DQO).....	250 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO)	25 mg/l
Nitrógeno amoniacal total (suma de amoníaco, nitritos y nitratos).....	30 mg/l
Fosfato total.....	2 mg/l

siendo necesario para llegar a estos valores la realización de dos tratamientos, uno anaerobio y otro aerobio, lo cual requiere montar instalaciones depuradoras muy especiales y costosas.

En lo que se refiere a la emisión de gases de los secadores de pulpa es de 75 mg/m³ de polvo, y un 1% de contenido de azufre como máximo.



La información sobre el proceso industrial de fabricación del azúcar, así como el esquema son cortesía de Compañía de Industrias Agrícolas (Grupo CIA).

Consumo de azúcares y productos de pastelería.

Conjunto nacional

	<u>g/PC/día</u>
Azúcar	36,2
Jarabes y siropes	0,8
Total azúcares	37,0
Chocolate	2,4
Otros productos de chocolate	0,4
Cacao puro con o sin azúcar y derivados	5,0
Helados	0,8
Pasteles y productos de pastelería	9,2
Confitería	1,6
Total productos de pastelería	19,4

Consumo de azúcares y productos de pastelería en las Comunidades Autónomas (g/PC/día)

	<u>Azúcares</u>	<u>Cacao</u>	<u>Chocolate</u>	<u>Helados</u>	<u>(*)</u>
Andalucía	40	3,7	1,8	1,0	10
Aragón	41	3,2	3,6	1,8	11
Asturias	41	6,5	3,3	0,4	10
Baleares	38	5,1	2,0	1,0	9
Canarias	57	3,7	1,9	0,5	10
Cantabria	50	7,7	6,0	0,7	14
Castilla-León	42	7,4	3,4	0,6	10
Castilla-La Mancha	35	5,1	3,0	0,6	7
Cataluña	30	3,4	3,2	0,7	16
C. Valenciana	31	3,5	2,5	0,8	9
Extremadura	42	3,9	1,7	0,8	7
Galicia	45	11,0	3,5	0,3	8
Madrid	28	4,1	1,9	0,9	11
Murcia	41	5,2	2,7	1,6	16
Navarra	37	8,7	5,0	1,4	14
País Vasco	36	6,8	4,6	0,9	11
Rioja	47	6,2	3,2	1,0	10

(*) Pasteles y otros productos de pastelería y confitería.

(Moreira y col., 1990)

Azúcares y productos de pastelería. Aporte de energía e hidratos de carbono a la ingesta total y a las recomendaciones dietéticas (RD)

	Azúcares	(1) % A/I	Total	(2) % T/I	(3) % T/RD
Energía (kcal.)	137	4,7	215	7,4	9,3
Hidratos de carbono (g)	37	11,1	48	14,4	-

(1) Porcentaje de aporte de azúcares (A) a la ingesta total (I).

(2) Porcentaje de aporte del total (T): azúcares y productos de pastelería, a la Ingesta total (I).

(3) Porcentaje de aporte de azúcares y productos de pastelería (T) a las RD.

