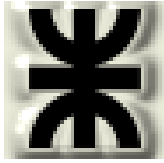


Integración IV



Trabajo práctico N° 1: Particionado, Rasgado y Ordenamiento de Diagramas de Flujo de Información de procesos complejos.

Problema 1

En la siguiente figura se representa el esquema genérico correspondiente a un proceso de producción de acetaldehído por deshidrogenación de etanol.

Se desea conocer cuántas y cuáles corrientes iteradoras deberán utilizarse, considerando que el conjunto de corrientes de corte sea mínimo. Construya el DFI asociado al proceso y resuelva utilizando los algoritmos de Keham y Shacham, y Barkeley y Motard en forma tabular.

Particionado: Identificación de los ciclos

- 1- A los efectos de detectar la existencia de ciclos, se aplica el algoritmo de Keham-Shacham. Se comienza generando una matriz de índices, donde a cada nodo se le asigna su sucesor inmediato.

I (Matriz de índice)

Antecesor	Sucesor
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
8	11
9	10
11	12

Antecesor	Sucesor
12	13
12	14
13	1
14	15
15	16
16	17
17	18
18	14
18	19
19	17

- 2- Se eliminan del listado los nodos que no posean antecesores o sucesores inmediatos. (en este caso corresponden a las filas sombreadas de amarillo)

I_r (Matriz de índice reducida)

Antecesor	Sucesor
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	11
11	12

Antecesor	Sucesor
12	13
12	14
13	1
14	15
15	16
16	17
17	18
18	14
18	19
19	17

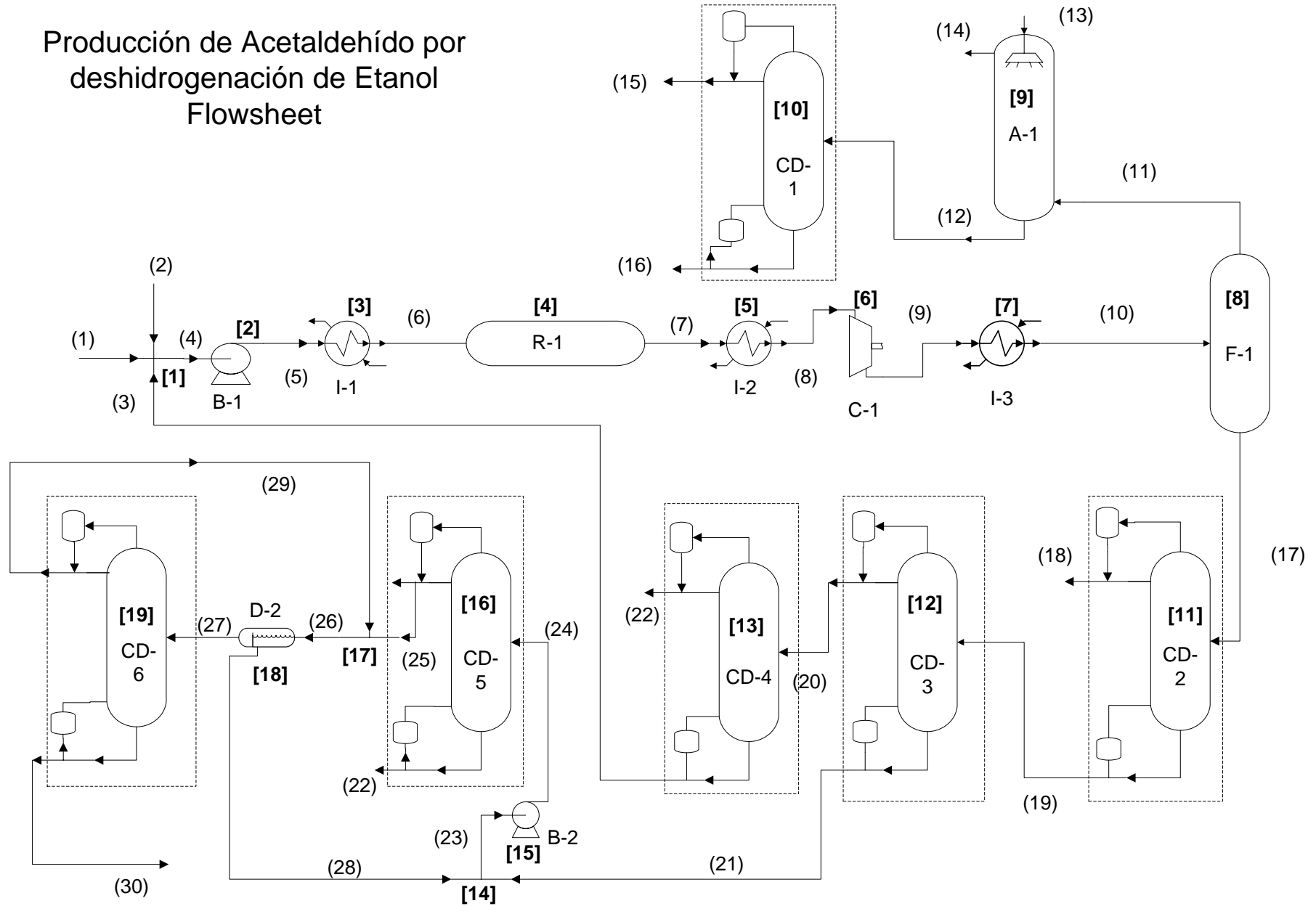
- 3- A partir de este momento se comienzan a reemplazar los nodos sucesores (que se encuentran en la columna de la derecha) por su sucesor inmediato, en la matriz I_r anterior. Este procedimiento se continua hasta que aparezca un nodo como sucesor de si mismo

I_r^2 (Matriz de índice reducida en el paso 2)

Antecesor	Sucesor
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7	11
8	12
11	13
11	14

Antecesor	Sucesor
12	1
12	15
13	2
14	16
15	17
16	18
17	14
17	19
18	15
18	17
19	18

Producción de Acetaldehído por deshidrogenación de Etanol Flowsheet



I_r^3 (Matriz de índice reducida en el paso 3)

Antecesor	Sucesor
1	4
2	5
3	6
4	7
5	8
6	11
7	12
8	13
8	14
11	1
11	15
12	2

Antecesor	Sucesor
12	16
13	3
14	16
15	18
16	14
16	19
17	15
17	17
18	16
18	18
19	14
19	19

- 4- Los nodos sombreados de verde (17, 18 y 19) se reemplazan por el pseudonodo "A", obteniéndose una nueva matriz de índices reducida por reemplazo de este pseudonodo en la matriz original, y se eliminan las filas con el mismo nodo en ambas columnas.

I_{r2}

Antecesor	Sucesor
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	11
11	12

Antecesor	Sucesor
12	13
12	14
13	1
14	15
15	16
16	A
A	A
A	14
A	A
A	A

- 5- Se continúa con el procedimiento anterior hasta volver a obtener los mismos nodos en la columna de la izquierda y de la derecha para una determinada fila.

I_{r2}^2

Antecesor	Sucesor
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7	11
8	12
11	13
11	14
12	1
12	15
13	2
14	16
15	A
A	15
16	14

I_{r2}^3

Antecesor	Sucesor
1	4
2	5
3	6
4	7
5	8
6	11
7	12
8	13
8	14
11	1
11	15
12	2
12	16
13	3
14	A
15	14
A	16
16	15

I_{r2}^4

Antecesor	Sucesor
1	5
2	6
3	7
4	8
5	11
6	12
7	13
8	1
8	15
11	2
11	16
12	3
12	A
13	4
14	14
15	15
A	A
16	16

- 6- Nuevamente los nodos sombreados de verde se reemplazan por un pseudonodo (“B”). Observar que en este caso el pseudonodo “B” incluye al “A”. De esta forma se obtiene una tercer matriz de índices.

I_{r3}

Antecesor	Sucesor
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8

8	11
11	12
12	13
12	B
13	1

7- Como el nodo B no es antecesor de ningún otro nodo, se elimina la fila sombreada de amarillo y luego se buscan los sucesores de los sucesores hasta volver a obtener otro ciclo.

I_{r3}^1

Antecesor	Sucesor
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	11
11	12
12	13
13	1

I_{r3}^2

Antecesor	Sucesor
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7	11
8	12
11	13
12	1
13	2

I_{r3}^3

Antecesor	Sucesor
1	4
2	5
3	6
4	7
5	8
6	11
7	12
8	13
11	1
12	2
13	3

I_{r3}^4

Antecesor	Sucesor
1	5
2	6
3	7
4	8
5	11
6	12
7	13
8	1
11	2
12	3
13	4

 I_{r3}^5

Antecesor	Sucesor
1	6
2	7
3	8
4	11
5	12
6	13
7	1
8	2
11	3
12	4
13	5

 I_{r3}^6

Antecesor	Sucesor
1	7
2	8
3	11
4	12
5	13
6	1
7	2
8	3
11	4
12	5
13	6

 I_{r3}^7

Antecesor	Sucesor
1	8
2	11
3	12
4	13
5	1
6	2
7	3
8	4
11	5
12	6
13	7

 I_{r3}^8

Antecesor	Sucesor
1	11
2	12
3	13
4	1
5	2
6	3
7	4
8	5
11	6
12	7
13	8

 I_{r3}^9

Antecesor	Sucesor
1	12
2	13
3	1
4	2
5	3
6	4
7	5
8	6
11	7
12	8
13	11

I_{r3}^{10}

Antecesor	Sucesor
1	13
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
7	6
8	7
11	8
12	11
13	12

 I_{r3}^{11}

Antecesor	Sucesor
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
11	11
12	12
13	13

8- Se ha detectado un ciclo que involucra 11 nodos.

En este caso se han identificado tres ciclos y a continuación se trata de identificar el conjunto mínimo de corrientes de corte.

Rasgado: Corrientes de cortes mínimas

Para poder identificar el mínimo conjunto de corrientes de cortes se utiliza el algoritmo de Barkeley y Motard, mediante el cual se genera una matriz (a partir de un grafo de corrientes) en donde se colocan:

- En la columna de la izquierda el listado de todos los nodos de la planta.
- y en la columna de la derecha los nodos antecesores.

Sucesor	Antecesores
1	
2	
3	20
4	1 2 3
5	4
6	5
7	6
8	7
9	8
10	9
11	10
12	11 13
13	
14	11 13
15	12
16	12
17	10
18	17
19	17
20	19
21	19
22	20
23	21 28
24	23
25	24
26	25 29
27	26
28	26
29	27

30	29
----	----

Se eliminan del listado todos los nodos que poseen un único antecesor (nodos dominados) y se reemplazan en los demás, los dominados por los dominadores. Luego se identifican los autociclos (aparece el mismo nodo en forma simultánea como antecesor y sucesor)

Sucesor	Antecesores
4	4
12	4
14	4
23	4 26
26	23 26

En este caso los autociclos lo forman los nodos 4 y 26, los cuales son los que forman el conjunto de corrientes mínimas de corte.

Problema 2

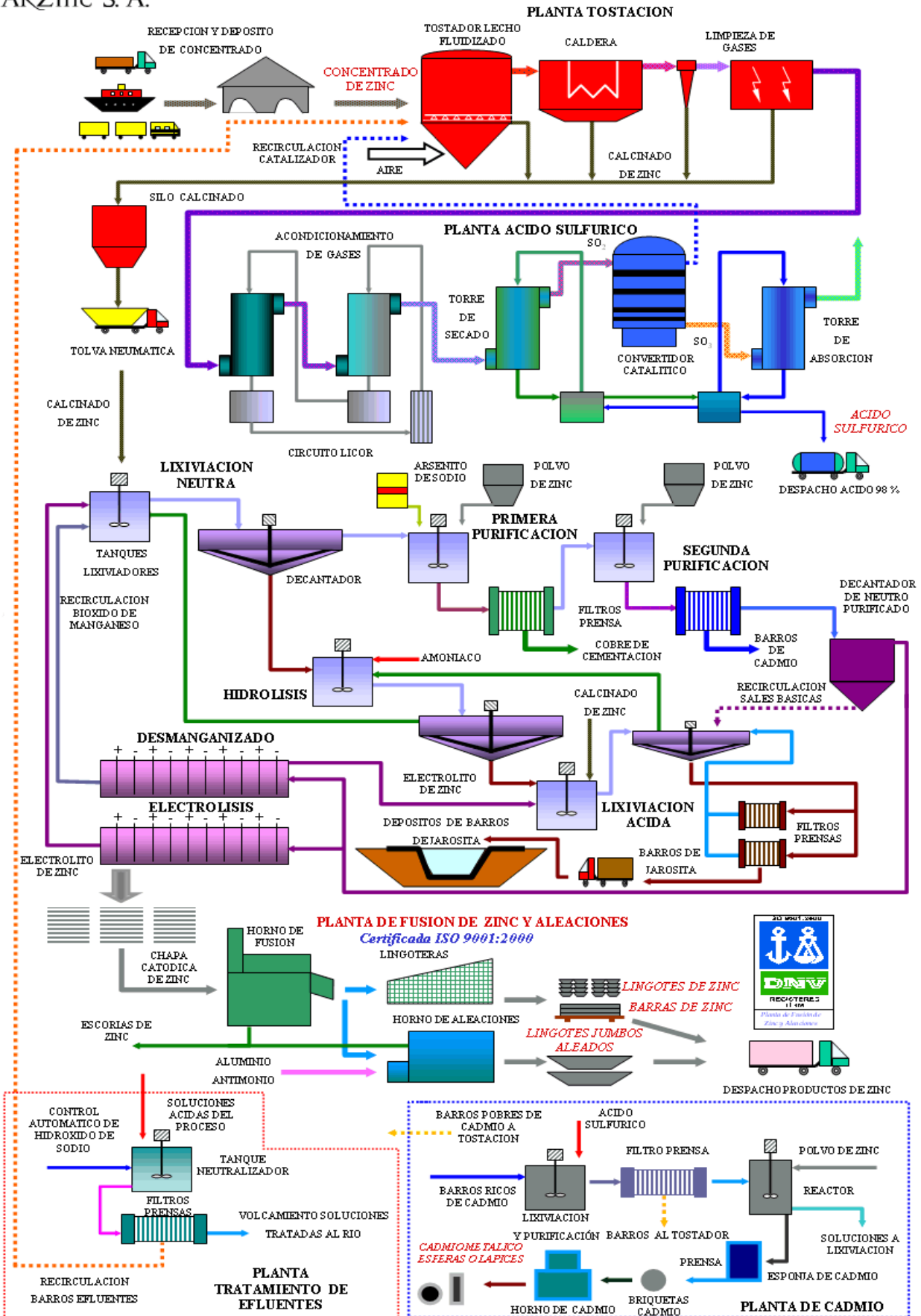
En la siguiente figura se representa el esquema genérico correspondiente a un proceso de producción integrado donde se obtienen los siguientes productos: Zinc electrolítico, ácido sulfúrico, polvo de zinc destilado y cadmio metálico.

Construya el DFI asociado al proceso de obtención de ácido sulfúrico (Plantas de tostación y Planta de ácido) y determine cuántas y cuáles corrientes iteradoras deberán utilizarse, considerando que el conjunto de corrientes de corte sea mínimo, utilizando los algoritmos de Keham y Shacham, y Barkeley y Motard en forma tabular.



REFINERIA DE ZINC de ARZinc S.A.

ARZinc S.A.



Descripción del Proceso Industrial

El proceso ilustrado se desarrolla en la empresa AR Zinc S.A. En el mismo la Materia prima principal es el Concentrado de Zinc, el que es tratado para obtener los siguientes productos:

- Zinc Electrolítico (Lingotes, Barras de Zinc, y Lingotes Jumbos de Zinc Aleado o Puro)
- Ácido Sulfúrico
- Polvo de Zinc Destilado (Oxido de Zinc como subproducto)
- Cadmio Metálico.

La elaboración de dichos productos se lleva a cabo en la Planta de Tostación, Planta de Acido Sulfúrico, Planta de Zinc, Planta de Cadmio y Procesamiento de Oxidos y Planta de Tratamiento de Efluentes.

Recepción y almacenamiento de concentrados

La principal materia prima de la fábrica de zinc está constituida por concentrados de sulfuro de zinc, procedentes de diferentes minas. Además de los concentrados sulfurados de zinc, se recibe la calcine

Tostación y depuración de gases

La tostación del concentrado se realiza en hornos, del tipo denominado de lecho fluido.

En esta fase, el concentrado se tuesta con aire, formándose óxido de zinc (ZnO), denominado calcine, y dióxido de azufre gaseoso (SO_2), que posteriormente se transforma en ácido sulfúrico (H_2SO_4) una vez enfriado y purificado el gas que sale de los hornos de tostación. Asimismo se origina vapor de agua que se emplea para la autogeneración de energía eléctrica así como fuente de calor en las etapas de lixiviación y purificación. Las diversas fracciones de calcine, tras ser refrigeradas y, en su caso, molidas, se transportan a unos silos de almacenamiento.

El gas exento de calcine es tratado en torres de lavado para eliminar los componentes que puedan interferir en la producción de ácido sulfúrico.

Los gases procedentes de la tostación se concentran eliminando el oxígeno y el nitrógeno, que son los gases que lo diluyen. Este proceso se fundamenta en la absorción selectiva que la dimetilánilina (DMA) tiene sobre el anhídrido sulfuroso, dejando libre el resto de los gases, que se realiza en una torre de absorción del anhídrido sulfuroso y la DMA, en una segunda torre, mediante aporte calorífico.

Igualmente se elimina el agua que pudiera ser arrastrada con la corriente gaseosa en los denominados precipitadores electrostáticos de gas de húmedo. Seguidamente el gas se envía a las plantas de ácido sulfúrico.

Plantas de ácido sulfúrico

El SO₂ contenido en la corriente de gas impuro procedente del horno de tostación, se transforma en primer lugar en trióxido de azufre, debido a la reacción con el oxígeno en la torre de catálisis. Posteriormente, en la denominada torre de absorción intermedia, el trióxido de azufre resultante se absorbe en ácido sulfúrico del 99% de concentración, transformándose en ácido sulfúrico concentrado apto para uso en todo tipo de industrias, ya que las instalaciones están dotadas de un sistema de depuración de gases que permite la eliminación del mercurio, con carácter previo a su entrada en la planta de ácido.

Lixiviación

El zinc y los otros metales contenidos en la calcine se disuelven en ácido sulfúrico diluido, en dos etapas de lixiviación: lixiviación neutra y lixiviación ácida.

En la etapa de lixiviación neutra se disuelve la mayor parte de la calcine, excepto las ferritas de zinc (óxido de hierro y zinc) en ella contenidas. Mediante la utilización de espesadores se separan los sólidos no disueltos de la disolución de sulfato de zinc. La disolución clarificada se envía a la etapa de purificación, mientras que los sólidos no disueltos se someten a la etapa de lixiviación ácida.

La lixiviación ácida se realiza a una temperatura próxima a la de ebullición. De esta forma, se disuelven todos los metales excepto los que forman compuestos insolubles en medio sulfúrico, como el plomo, calcio y sílice. La disolución así obtenida se somete a un proceso de hidrólisis, tras el que se forma un sulfato básico de hierro insoluble llamado jarosita, que en unión de los metales no disueltos en esta segunda etapa constituyen el residuo final del proceso. Este residuo, después de una decantación en espesadores y posterior filtración, es enviado por bombeo a la balsa de residuos.

Purificación

La disolución de sulfato de zinc procedentes de la etapa de lixiviación neutra se trata mediante un proceso continuo realizado en dos etapas, para eliminar otros metales disueltos, como el cobre, el cadmio o el cobalto, que se recuperan como subproductos. Una vez realizada la filtración, la disolución de sulfato de zinc se enfría mediante torres de refrigeración y se bombea al tanque de almacenamiento de electrolito.

Electrólisis

El departamento de electrólisis engloba tres salas de operaciones, dos de ellas con una capacidad de 100.000 toneladas anuales y cátodos de tamaño estándar y arrancado semiautomático, y una tercera sala, puesta en funcionamiento el 14 de mayo de 1991, con una capacidad de 110.000 Tm. anuales, que está totalmente automatizada y sus controles se llevan a cabo mediante proceso electrónico.

Esta sala se realizó mediante la aplicación de tecnología propia desarrollada por Asturiana de Zinc, S.A., y está considerada como una de las más modernas y de mayor eficiencia productiva del mundo.

En esta fase del proceso, se produce el paso de una corriente eléctrica a través de la disolución purificada de sulfato de zinc, originándose el zinc metálico puro, que se deposita sobre laminas de zinc resultantes se arrancan automáticamente y son transportadas para su fusión y colado.

Fusión y colada

Las láminas de zinc producidas por electrólisis son fundidas en hornos de inducción eléctrica. Una vez fundido el zinc, se envía a las maquinas de colada con el objeto de producir las diversas formas comerciales de lingote que requiere el mercado.

En el mismo departamento existen varios hornos en los que el zinc se combina con otros metales para producir aleaciones para fundición a presión, colada por gravedad, galvanización, laminación y otros. Los distintos lingotes que se producen, tanto de zinc como de las distintas aleaciones, se apilan, pesan y empaquetan de forma automática.

Todos los hornos se encuentran conectados a un sistema de depuración de gases para eliminar el polvo que éstos contienen antes de emitirse a la atmósfera.