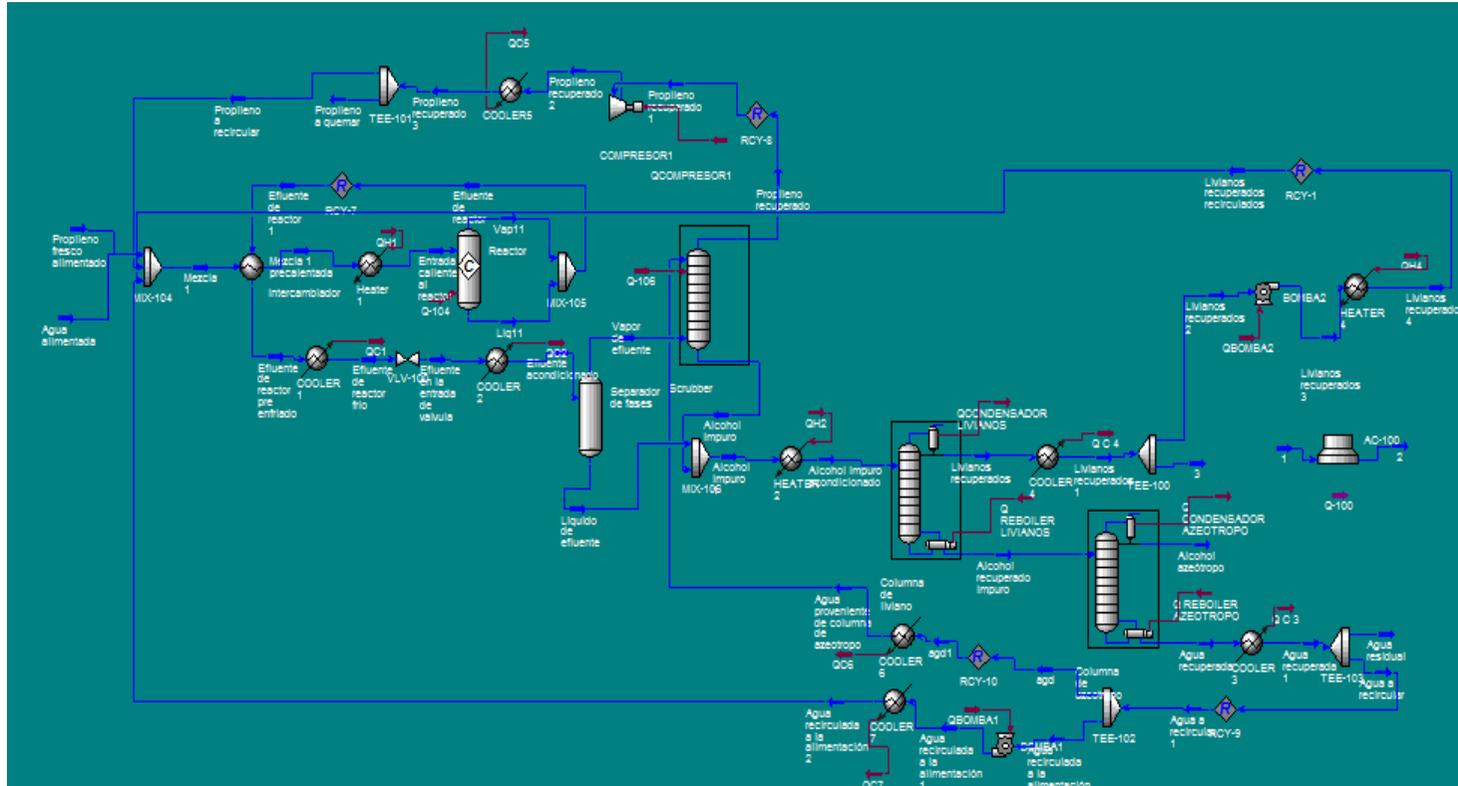


## ANEXO A

### DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCIÓN DE ISOPROPANOL USANDO ASPEN HYSYS



Fuente: Elaboración propia empleando ASPEN HYSYS, 2016

**ANEXO B**  
**TABLAS DE BALANCES DE MATERIA OBTENIDOS EN SIMULACIÓN CON ASPEN HYSYS**

	Unidades	Propileno fresco alimentado	Agua alimentada	Mezcla 1	Mezcla 1 precalentada	Entrada caliente al reactor	Vap11	Liq11	Efluente de reactor	
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Fracción de Vapor		0,000	0,000	0,328357	0,832023	1	1	0	1	
Temperatura	C	32,222	32,222	159,022	192,427	209,444	226,111	226,111	226,111	
Presión	kPa	4.171,329	4.171,329	4.171,329	4.069,675	4.069,675	4.069,675	4.069,675	4.069,675	
Flujo Molar	kgmol/h	69	252,000	1.411,170	1.411,170	1.411,170	1.352,322	0,000	1.352,322	
Flujo másico	kg/h	2.903,561451	4.539,805	50.786,075	50.786,075	50.786,075	50.786,093	0,000	50.786,093	
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	5,573	4,549	91,582	91,582	91,582	90,270	0,000	90,270	
Flujo de Calor	kJ/h	393.777,177	-71.640.021,11	-73.540.705,9	-57.429.191,26	-50.126.510,300	-	51.161.503,000	0,000	-51.161.503,000
	Unidades	Efluente de reactor 1	Efluente de reactor pre enfriado	Efluente de reactor frio	Efluente en la entrada de valvula	Efluente acondicionado	Vapor de efluente	Liquido de efluente	Alcohol impuro 1	Alcohol impuro acondicionado
		9	10	11	12	13	14	15	17	17
Fracción de Vapor		1,000	0,637	-	0,495	0,736	1,000	-	0,028	0,207
Temperatura	C	226,111	175,000	130,000	59,468	25,000	25,000	25,000	0,667	40,000
Presión	kPa	4.069,675	3.971,025	3.971,025	931,275	101,325	101,325	101,325	101,325	101,325
Flujo Molar	kgmol/h	1.352,322	1.352,322	1.352,322	1.352,322	1.352,322	995,437	356,884	552,074	552,074
Flujo másico	kg/h	50.786,093	50.786,093	50.786,093	50.786,093	50.786,093	41.657,880	9.128,213	15.871,399	15.871,399
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	90,270	90,270	90,270	90,270	90,270	78,652	11,618	22,398	22,398
Flujo de Calor	kJ/h	-51.161.503,000	-67.273.017,600	84.591.708,200	-84.591.708,200	82.080.333,900	6.691.141,460	88.771.475,400	-118.698.013,000	114.791.209,000
	Unidades	Propileno recuperado	Alcohol impuro	Propileno recuperado 1	Propileno recuperado 2	Propileno recuperado 3	Propileno a recircular	Propileno a quemar	Livianos recuperados	Alcohol recuperado impuro
		18	19	20	21	22	42.1	23	25	26
Fracción de Vapor		1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	-
Temperatura	C	10,344	26,741	10,425	190,373	190,400	190,400	190,400	47,687	80,270
Presión	kPa	101,325	101,325	101,325	4.171,000	4.171,000	4.171,000	4.171,000	101,325	101,325
Flujo Molar	kgmol/h	853,550	195,190	857,971	857,971	857,971	845,102	12,870	141,088	410,986
Flujo másico	kg/h	35.874,953	6.743,186	36.061,064	36.061,064	36.061,064	35.520,148	540,916	5.937,062	9.934,337
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	68,834	10,780	69,192	69,192	69,192	68,154	1,038	11,396	11,001
Flujo de Calor	kJ/h	15.033.493,200	29.926.538,000	15.110.659,100	26.167.813,700	26.170.180,700	25.777.627,900	392.552,710	-306.322,807	116.268.189,000
	Unidades	Agua recuperada	Alcohol azeótropo	Agua a recircular 1	Agua recirculada a la alimentación	agd	Agua recirculada a la alimentación 1	Agua recirculada a la alimentación 2	agd1	Agua proveniente de columna de azeotropo
		27	28	29	30		31	33	34	35
Fracción de Vapor		-	0,000	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura	C	99,998	70,849	99,997	99,997	99,997	100,635	100,600	99,997	50,000
Presión	kPa	101,325	101,325	101,325	101,325	101,325	4.171,000	4.171,000	101,325	101,325
Flujo Molar	kgmol/h	317,241	93,746	156,773	103,470	53,303	103,470	103,470	53,303	53,303
Flujo másico	kg/h	5.715,120	4.219,217	2.824,290	1.864,031	960,259	1.864,031	1.864,031	960,259	960,259
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	5,727	5,275	2,830	1,868	0,962	1,868	1,868	0,962	0,962
Flujo de Calor	kJ/h	-88.578.463,600	27.353.486,400	43.773.594,200	-28.890.572,200	14.883.022,000	28.879.901,500	28.880.177,770	-14.883.022,000	-15.084.695,000

Fuente: Elaboración propia, 2016

	Unidades	Agua recuperada 1	Livianos recuperados 1	Livianos recuperados 2	Livianos expulsados	Livianos recuperados 3	Livianos recuperados 4	Livianos recuperados recirculados	Agua residual	Agua a recircular
Nº		36	37	38	39	40	41	42.2	43	44
Fración de Vapor		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura	C	99,997	47,689	47,689	47,689	43,437	32,222	32,222	99,997	99,997
Presión	kPa	101,325	101,325	101,325	101,325	4.171,000	4.171,000	4.171,000	101,325	101,325
Flujo Molar	kgmol/h	317,241	141,088	141,088	-	141,088	141,088	141,598	160,467	156,773
Flujo másico	kg/h	5.715,120	5.937,062	5.937,062	-	5.937,062	5.937,062	5.958,529	2.890,830	2.824,290
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	5,727	11,396	11,396	-	11,396	11,396	11,438	2,897	2,829
Flujo de Calor	kJ/h	-88.578.497,60	-306.348,094	-306.348,094	-	-253.453,521	805.176,477	808.087,872	-44.804.903,300	-43.773.594,200
	Unidades	<b>Alcohol puro</b>	<b>Agua + Ciclohexano.</b>	<b>Ciclo-hexano</b>						
Nº		46	47	48						
Fración de Vapor		-	-	-						
Temperatura	C	60,000	95,000	25,000						
Presión	kPa	101,300	101,300	101,300						
Flujo Molar	kgmol/h	58,273	147,100	30,000						
Flujo másico	kg/h	3.501,950	3.113,280	2.525,000						
Flujo volumétrico	m <sup>3</sup> /h	4,461	3,283	3,230						
Flujo de Calor	kJ/h	-25.153.486,300	-40.190.000,000	-4.668.000,000						



Propileno	0,485	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,979	0,000	0,000	0,000
H2O	0,400	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,361	1,000	0,144
IPA	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,639	0,000	0,856
1-Propanol	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3.5*10-5	0,000	0,006
Ciclohexano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1*10-4
DIPE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

	Agua a recircular 1	Agua recirculada a la alimentación	Agua	Agua recirculada a la alimentación 1	Agua recirculada a la alimentación 2	Agua 1	Agua proveniente de columna de azeotropo	Agua recuperada 1	Livianos recuperados 1	Liviano recuperado2
	29	30		31	33	34	35	36	37	38
Propileno	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000
H2O	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000
IPA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1-Propanol	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ciclohexano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DIPE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

	3	Livianos recuperados 3	Livianos recuperados 4	Livianos recuperados recirculados	Agua residual	Agua a recircular	Alcohol puro	Agua + Ciclohexano.	Ciclohexano
	39	40	41	42.2	43	44	46	47	48
Propileno	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H2O	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,811	0,000
IPA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
1-Propanol	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ciclohexano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.189	1,000
DIPE	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

**ANEXO D**  
**HOJA DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS USADOS EN EL**  
**PROCESO**

**Scrubber**

NÚMERO DE EQUIPO	D150			
NOMBRE	SCRUBBER (COLUMNA DE LAVADO)			
DATOS GENERALES				
CAIDA DE PRESIÓN (atm)	0			
Nº DE ETAPAS	15			
FUNCIÓN	SEPARACIÓN DE GASES DE LA CORRIENTE LÍQUIDA			
CONDICIONES DE PROCESO				
CORRIENTE	ENTRADA 1	ENTRADA 2	SALIDA 1	SALIDA 2
TEMPERATURA	25	50	99,3	125
PRESIÓN	1	1	1	1
DENSIDAD DE LÍQUIDO (kg/m <sup>3</sup> )	1,736	1004	-	713,7
FLUJO MOLAR LÍQUIDO	1629,74	53.3	-	195.2
DENSIDAD DE GAS (kg/m <sup>3</sup> )		-	1.989	-
FLUJO MOLAR GASEOSO	33,26	-	853.6	-

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

### Reactor de Lecho Fijo

NÚMERO DE EQUIPO	R110	
NOMBRE	REACTOR DE LECHO FIJO	
DATOS GENERALES		
CAIDA DE PRESIÓN (atm)	0,01	
VOLUMEN (m3)	30	
FUNCIÓN	REACCIÓN DE HIDRATACIÓN DE PROPILENO EN FASE GASEOSA	
CONDICIONES DE PROCESO		
CORRIENTE	ENTRADA	SALIDA GAS
TEMPERATURA	209.4	226.1
PRESIÓN	41	41
DENSIDAD DE LÍQUIDO (kg/m3)	-	-
FLUJO MOLAR LÍQUIDO (kmol/h)	-	-
DENSIDAD DE GAS (kg/m3)	42,02	41.84
FLUJO MOLAR GASEOSO (kmol/h)	1411	1352

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

### Separador Flash

NÚMERO DE EQUIPO	D210		
NOMBRE	SEPARADOR FLASH		
DATOS GENERALES			
CAIDA DE PRESIÓN (atm)	0		
Nº DE ETAPAS	-		
FUNCIÓN	SEPARACIÓN DE GAS Y LÍQUIDO DE UNA MEZCLA MEDIANTE EQUILIBRIO		
CONDICIONES DE PROCESO			
CORRIENTE	ENTRADA 1	SALIDA GAS	SALIDA LÍQUIDA
TEMPERATURA	25	25	25
PRESIÓN	1	1	1
DENSIDAD DE LÍQUIDO (kg/m <sup>3</sup> )	826.5	-	826.5
FLUJO MOLAR LÍQUIDO	356.9	-	356.9
DENSIDAD DE GAS (kg/m <sup>3</sup> )	1.736	1,736	-
FLUJO MOLAR GASEOSO	995.4	995.4	-

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

### Columna de ligeros

NÚMERO DE EQUIPO	D220		
NOMBRE	COLUMNA DE LIGEROS		
DATOS GENERALES			
CAIDA DE PRESIÓN (atm)	0		
Nº DE ETAPAS	10		
FUNCIÓN	SEPARACIÓN DE GAS Y LÍQUIDO DE UNA MEZCLA MEDIANTE DESTILACIÓN		
CONDICIONES DE PROCESO			
CORRIENTE	ENTRADA 1	SALIDA GAS	SALIDA LÍQUIDA
TEMPERATURA	40	-47.69	80.27
PRESIÓN	1	1	1
DENSIDAD DE LÍQUIDO (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	849
FLUJO MOLAR LÍQUIDO	-	-	411
DENSIDAD DE GAS (kg/m <sup>3</sup> )	1.582	711,5	-
FLUJO MOLAR GASEOSO	91	141.1	-

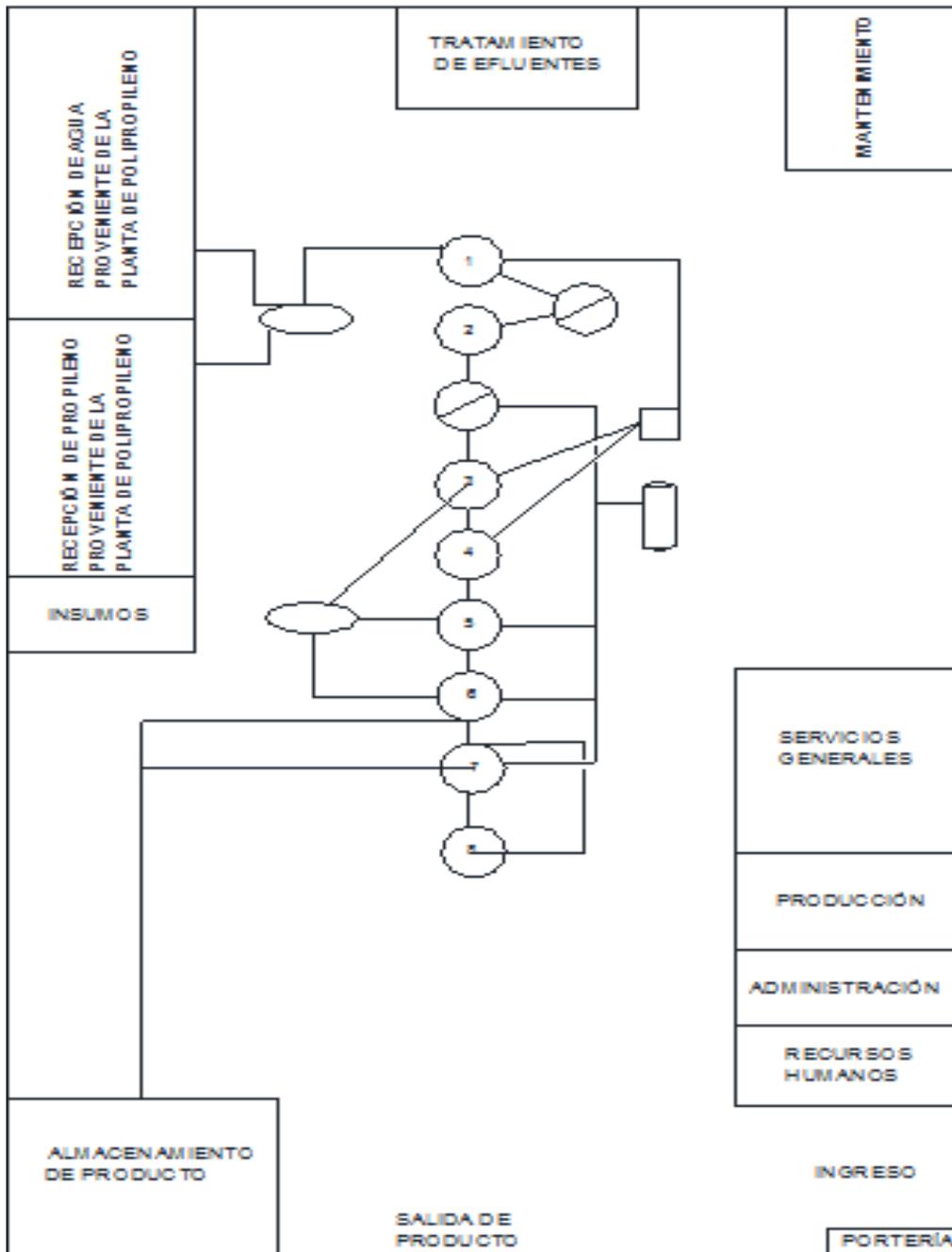
Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

### Columna de Alcohol

NÚMERO DE EQUIPO	D230		
NOMBRE	COLUMNA DE ALCOHOL		
DATOS GENERALES			
CAIDA DE PRESIÓN (atm)	0		
Nº DE ETAPAS	58		
FUNCIÓN	SEPARACIÓN DE GAS Y LÍQUIDO DE UNA MEZCLA MEDIANTE DESTILACIÓN		
CONDICIONES DE PROCESO			
CORRIENTE	ENTRADA 1	SALIDA TOPE	SALIDA FONDO
TEMPERATURA	80.27	70.85	100
PRESIÓN	1	1	1
DENSIDAD DE LÍQUIDO (kg/m <sup>3</sup> )	724.8	1.582	947,9
FLUJO MOLAR LÍQUIDO	408.5539	86.3738	322.18016
DENSIDAD DE GAS (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-
FLUJO MOLAR GASEOSO	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con ASPEN HYSYS, 2016

**ANEXO E**  
**DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL**  
**ISOPROPÍLICO – LAYOUT**



Fuente: Elaboración propia, 2016

Descripción del Layout

1 Mezclado de Alimentación

2. Reactor de Lecho Fijo

3. Scrubber

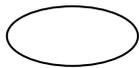
4. Separador Flash

5. Columna de Lavado

6. Destilador Azeotrópico

7. Columna deshidratadora

8. Recuperación de Solvente



Bomba



Compresor



Caldero

**ANEXO F**  
**DISTRIBUCIÓN DE CARGOS EN ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA DE**  
**ACUERDO A DEPARTAMENTOS**

**Gerencia General**

Gerente General

Asesor de Gerencia

Secretaria de Gerencia

**Departamento de Producción**

Gerente de Producción

Secretaria de Producción

Sección de Producción

Jefe de Producción

Jefes de turno

Operarios

Sección de Mantenimiento

Jefe de Mantenimiento

Jefe de Mantenimiento Civil

Jefe de Mantenimiento Mecánico

Empleados de Limpieza

Operarios de Mantenimiento

Sección de Automatización y Control

Jefe de Sección

Operarios

Sección de Planeamiento y Control de Producción

Jefe de Planeamiento

Auxiliares

Sección de Proyectos y Obras

Jefe de Proyectos y Obras

Secretaria

Diseñador

**Departamento Administrativo**

Gerente Administrativo

Secretaria Administrativa

Sección de Contabilidad

Jefe de Contabilidad

Sección de Gastos

Jefe de Gastos

Sección Personal

Jefe de Personal

Sección de Finanzas

Jefe de Finanzas

Secretaria de Finanzas

**Departamento de Comercialización**

Gerente de Comercialización

Secretaria de Comercialización

Sección de Compras

Jefe de Compras

Sección de Ventas

Jefe de Ventas

Sección de Almacenes

Jefe de Almacenes

Empleados

Departamento de Higiene y Seguridad

Jefe de Departamento

Supervisores

Operarios

Departamento de Control de Calidad y Laboratorio

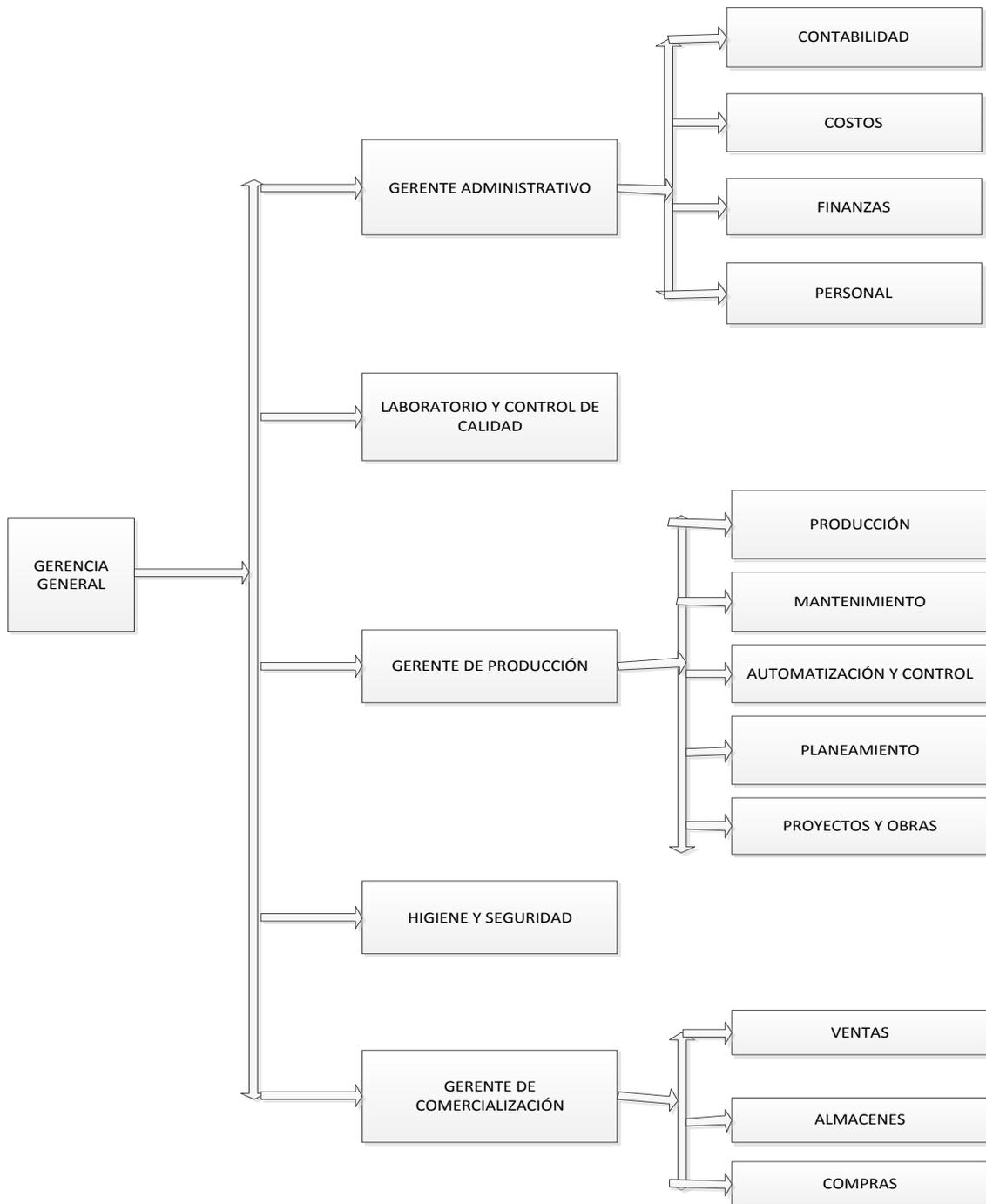
Jefe de Control de Calidad y Laboratorio

Analistas

Empleados

## ANEXO G

### ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



Fuente: Elaboración propia, 2016

## ANEXO H

### MOVIMIENTO ECONÓMICO POR COMERCIO DE ALCOHOL ISOPROPÍLICO EN EL MUNDO

#### IMPORTACIONES MUNDIALES DE IPA EN MILES DE DÓLARES

<b>Importadores</b>	<b>valor importada en 2012</b>	<b>valor importada en 2013</b>	<b>valor importada en 2014</b>	<b>valor importada en 2015</b>
Mundo	1.483.454,000	1.621.293,000	1.579.294,000	1.206.836,000
China	151.993,000	175.178,000	128.438,000	112.267,000
Estados Unidos de América	119.310,000	146.132,000	136.674,000	121.201,000
Bélgica	113.166,000	123.510,000	116.846,000	89.352,000
India	58.112,000	79.355,000	86.305,000	69.900,000
Alemania	82.734,000	85.323,000	86.488,000	62.645,000
México	60.422,000	68.708,000	64.129,000	58.968,000
España	52.519,000	52.497,000	59.968,000	39.444,000
Singapur	34.808,000	36.854,000	39.446,000	27.770,000
Italia	50.673,000	48.132,000	46.816,000	31.113,000
Tailandia	38.989,000	45.290,000	43.211,000	26.853,000
Malasia	29.256,000	27.794,000	28.566,000	29.561,000
Canadá	31.931,000	32.621,000	34.322,000	30.082,000
Reino Unido	36.873,000	41.308,000	39.818,000	29.320,000
Indonesia	30.862,000	36.358,000	36.089,000	23.558,000
Francia	42.845,000	40.161,000	39.160,000	27.577,000
Filipinas	15.246,000	14.369,000	20.004,000	15.004,000
Turquía	33.080,000	33.082,000	30.441,000	27.036,000
Japón	32.827,000	21.323,000	19.567,000	17.675,000
Taipei Chino	19.936,000	19.837,000	18.899,000	16.261,000
Brasil	18.287,000	22.970,000	25.278,000	20.618,000
Suiza	20.306,000	20.918,000	22.549,000	15.425,000
Emiratos Árabes Unidos	46.814,000	46.960,000	51.863,000	17.133,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Trade Map, 2016

## EXPORTACIONES MUNDIALES DE IPA EN MILES DE DÓLARES

<b>Exportadores</b>	<b>valor exportada en 2012</b>	<b>valor exportada en 2013</b>	<b>valor exportada en 2014</b>	<b>valor exportada en 2015</b>
Mundo	1372650	1507239	1463456	1073736
Estados Unidos de América	303607	353593	326608	268301
Países Bajos	176872	171107	164516	113983
Alemania	152536	158772	166741	105581
Bélgica	105496	121069	108350	75627
Canadá	95217	111029	108980	85560
Japón	61693	96265	103745	71367
Taipei Chino	106346	104698	107965	71032
Corea, República de	80388	73283	64999	57624
Sudafrica	71149	75696	75995	60354
Singapur	114077	113402	93269	77540
China	4845	13185	38390	23460
Argentina	17788	21664	17080	12228
Azerbaiyán	5247	13734	10758	6120
Reino Unido	12666	14572	7769	6164
India	9490	6778	9784	6021
Egipto	0	0	0	0
España	6730	7095	5457	4647
Malasia	1741	3037	3043	6145
Polonia	775	963	1696	1452

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Trade Map, 2016

## ANEXO I

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA PROVEEDORA DE PATENTE – HIDRATACIÓN DIRECTA EN FASE GASEOSA

Evonik es una de las principales compañías de productos químicos de especialidad del mundo. A continuación se presenta la tabla descriptiva con datos y cifras de la empresa.

#### DATOS Y CIFRAS DE EVONIK

<b>Fundado:</b>	12 de septiembre de 2007, como parte del cambio de nombre de RAG Beteiligungs-AG-a Evonik Industries AG
<b>sede de la empresa:</b>	Essen, Alemania
<b>Actividad principal:</b>	especialidades químicas
<b>Personal:</b>	Más de 35.000,000 (como en 2016)
<b>localizaciones:</b>	plantas de producción en 25 países, las actividades de todas las partes del mundo
<b>Ventas 2016:</b>	12,7 mil millones de euros
<b>EBITDA 2016:</b>	Euro 2.165.000.000,000
<b>Investigación y desarrollo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El gasto en 2016: 438 millones de euros</li><li>• Aprox. 2700 I + D personal de 35 ubicaciones en todo el mundo</li><li>• Aprox. 24.500 patentes y patentes pendientes</li><li>• Aprox. 7.000 marcas registradas o solicitado</li></ul>

Fuente: Evonik Corporate, 2015

La siguiente figura muestra la localización de EVONIK en América del Sur y Centroamérica en cuanto a puntos de distribución.

## UBICACIÓN DE EVONIK EN AMÉRICA DEL SUR Y CENTROAMÉRICA



Fuente: Evonik Corporative, 2016

Los puntos de localización son:

- BR Americana (Brasil)
- BR Barra do Riacho (Brasil)
- BR Sao Paulo (Brasil)
- Buenos Aires (Argentina)
- Cascavel(Brasil)
- Castro (Brasil)
- Guarulhos(Brasil)
- Guatemala (Guatemala)
- Itajaí (Brasil)
- Medellin (Colombia)
- Mucuri (Brasil)
- Quito (Ecuador)

- Rio Grande (Brasil)
- Rosario (Argentina)
- Santiago (Chile)

De los lugares citados, únicamente en Castro (Brasil) se cuenta con Planta de producción, la cual corresponde a Peróxido de Hidrógeno.