

# **MODELO ONTOLÓGICO PARA LA INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN ENTRE DOS APLICACIONES INDUSTRIALES**



**Edgar Alexander Aguilar Bolaños  
Juan Pablo Diago Rodríguez**

## **ANEXOS**

**Director  
Msc. Miguel Ángel Niño Zambrano**

**Asesora  
Ing. Elizabeth Granados Pemberty**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control  
Ingeniería en Automática Industrial  
Popayán, Mayo de 2009**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>1</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>1 ANEXO A.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 HISTORIA DE LAS ONTOLOGÍAS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 DEFINICIONES .....</b>	<b>14</b>
1.2.1 DEFINICIÓN SEGÚN LA FILOSOFÍA.....	14
1.2.2 DEFINICIÓN SEGÚN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA).....	14
1.2.3 DEFINICIÓN SEGÚN LA INFORMÁTICA.....	15
<b>1.3 LAS ONTOLOGÍAS ENFOCADAS AL CAMPO DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....</b>	<b>16</b>
<b>2 ANEXO B.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 PROCESO CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO .....</b>	<b>19</b>
2.1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE TULCÁN. ....	20
2.1.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE “ÉL TABLAZO” . ....	21
2.1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA .....	22
2.1.3.1 Bocatoma .....	22
2.1.3.2 Oxigenación .....	22
2.1.3.3 Dosificación de productos químicos.....	23
2.1.3.4 Mezcla rápida.....	24
2.1.3.5 Floculación.....	25
2.1.3.6 Sedimentación .....	26
2.1.3.7 Filtración.....	26
2.1.3.8 Desinfección.....	28
2.1.3.9 Bombeo de agua al norte de la ciudad .....	29
2.1.3.10 Almacenamiento .....	30
<b>2.2 SISTEMAS DE SUPERVISIÓN SCADA EN CADA UNA DE LAS PLANTAS .....</b>	<b>32</b>

2.2.1	SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LA PLANTA DEL TABLAZO .....	32
2.2.2	SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LA PLANTA DEL TULCÁN.....	40
<b>3</b>	<b><u>ANEXO C.....</u></b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>CUESTIONARIO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS CUESTIONARIO PLANTA TABLAZO .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3</b>	<b>ANÁLISIS CUESTIONARIO DEL NIVEL OPERATIVO PLANTA DE TULCÁN ..</b>	<b>59</b>
<b>4</b>	<b><u>ANEXO D.....</u></b>	<b>66</b>
<b>4.1</b>	<b>ESTÁNDAR ISA -88.04.....</b>	<b>66</b>
4.1.1	ENTRADA DEL REGISTRO DE PRODUCCIÓN .....	67
4.1.2	MODELO DE EVENTOS.....	68
4.1.2.1	Clase evento .....	69
4.1.2.2	Clase evento alarma .....	70
4.1.2.3	Clase asociación de eventos .....	71
4.1.3	MODELO DE CONJUNTO DE DATOS.....	71
4.1.3.1	Clase conjunto de dato .....	72
4.1.3.2	Clase especificación de tiempo.....	73
4.1.3.3	Clase especificación de etiqueta.....	73
4.1.3.4	Clase dato ordenado.....	74
4.1.3.5	Clase valor de dato .....	74
4.1.3.6	Clase valor de tiempo .....	75
<b>4.2</b>	<b>ESTÁNDAR ISA 95 .....</b>	<b>76</b>
4.2.1	MODELO DE PERSONAL.....	77
4.2.1.1	Clase de personal .....	77
4.2.1.2	Propiedad de clase personal.....	78
4.2.1.3	Persona.....	79
4.2.1.4	Propiedad de persona.....	80
4.2.1.5	Especificación de examen de certificación .....	80
4.2.1.6	Resultado de examen de certificación .....	81
4.2.2	MODELO DE EQUIPO .....	82
4.2.2.1	Clase de equipo .....	83
4.2.2.2	Propiedad de clase de equipo.....	84

4.2.2.3	Equipo .....	85
4.2.2.4	Propiedad de equipo .....	85
4.2.3	MODELO DE MATERIALES .....	86
4.2.3.1	Definición de material.....	87
4.2.3.2	Propiedad de definición de material.....	88
4.2.3.3	Clase de material .....	89
4.2.3.4	Propiedad de clase de material.....	89
4.2.3.5	Lote de material .....	90
4.2.3.6	Propiedad de lote de material .....	90
4.2.3.7	Sub-lote de material .....	91
4.2.4	MODELO DE SEGMENTO DE PROCESO.....	92
4.2.4.1	Segmento de proceso .....	93
4.2.4.2	Especificación de segmento de personal.....	94
4.2.4.3	Propiedad de especificación de segmento de personal.....	95
4.2.4.4	Especificación de segmento de equipo.....	95
4.2.4.5	Propiedad de especificación de segmento de equipo.....	96
4.2.4.6	Especificación de segmento de material.....	97
4.2.4.7	Propiedad de especificación de segmento de material.....	98
4.2.5	MODELO DE DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN .....	98
4.2.5.1	Desempeño de la producción .....	99
4.2.5.2	Respuesta de producción .....	100
4.2.5.3	Respuesta del segmento .....	101
4.2.5.4	Datos de producción .....	102
4.2.5.5	Equipo real .....	103
4.2.5.6	Propiedad de equipo real .....	103
4.2.5.7	Material real producido.....	104
4.2.5.8	Propiedad de material real producido .....	105
4.2.5.9	Material consumido .....	106
4.2.5.10	Propiedad de material consumido.....	107

## **5 ANEXO E .....** **109**

### **5.1 INSTANCIACIÓN DE LOS MODELOS ISA 95 SELECCIONADOS .....** **109**

### **5.2 INSTANCIACIÓN ISA 95 PLANTA “ELTABLAZO” .....** **109**

#### 5.2.1 INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE PERSONAL .....

**109**

#### 5.2.2 INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE EQUIPOS .....

**112**

5.2.3	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE MATERIALES .....	117
5.2.4	INSTANCIAS DE LOTE DE MATERIAL Y PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL.....	120
5.2.5	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE SEGMENTO DE PROCESO.....	122
5.2.6	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN .....	125
<b>5.3</b>	<b>INSTANCIACIÓN ISA 95 PLANTA DE TULCÁN.....</b>	<b>129</b>
5.3.1	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE PERSONAL .....	129
5.3.2	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE EQUIPOS .....	131
5.3.3	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE MATERIALES .....	135
5.3.4	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE SEGMENTO DE PROCESO.....	139
5.3.5	INSTANCIACIÓN DEL MODELO DE DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN .....	143
<b>6</b>	<b><u>ANEXO F .....</u></b>	<b><u>147</u></b>
<b>6.1</b>	<b>FORMALISMOS DE REPRESENTACIÓN BASADOS EN LÓGICA .....</b>	<b>147</b>
6.1.1	LÓGICA DE PRIMER ORDEN .....	148
6.1.2	LÓGICA DESCRIPTIVA (DL).....	149
6.1.3	OWL OWL.....	151
<b>6.2</b>	<b>HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE ONTOLOGÍAS .....</b>	<b>159</b>
6.2.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	160
6.2.2	APIS DE DESARROLLO .....	163
<b>7</b>	<b><u>ANEXO G.....</u></b>	<b><u>168</u></b>
<b>7.1</b>	<b>DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS.....</b>	<b>168</b>
<b>7.2</b>	<b>DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS A PARTIR DE MODELOS CONCEPTUALES DEL ESTÁNDAR ISA-95.00.02. ....</b>	<b>168</b>
7.2.1	DIAGRAMA DEL MODELO DE PERSONAL FORMALIZADO EN OWL.....	168
7.2.2	DIAGRAMA DEL MODELO DE EQUIPO FORMALIZADO EN OWL.....	169
7.2.3	DIAGRAMA DEL MODELO DE MATERIAL FORMALIZADO EN OWL .....	169
7.2.4	DIAGRAMA DEL MODELO DE SEGMENTO DE PROCESO FORMALIZADO EN OWL.....	170
7.2.5	DIAGRAMA DEL MODELO DE DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN FORMALIZADO EN OWL.....	171
<b>7.3</b>	<b>DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS A PARTIR DE MODELOS CONCEPTUALES DEL ESTÁNDAR ISA-88.00.04 .....</b>	<b>172</b>
7.3.1	DIAGRAMA DEL MODELO DE CONJUNTO DE DATOS FORMALIZADO EN OWL.....	172
7.3.2	DIAGRAMA DEL MODELO DE EVENTOS FORMALIZADO EN OWL .....	172

<b><u>8</u></b>	<b><u>ANEXO H.....</u></b>	<b><u>173</u></b>
8.1	LENGUAJE DE CONSULTAS SPARQL .....	173
8.2	MOTOR D2RQ .....	175
8.2.1	CONSTRUCTORES DEL LENGUAJE D2RQ .....	177
<b><u>9</u></b>	<b><u>ANEXO I.....</u></b>	<b><u>180</u></b>
9.1	CASOS DE USO REALES USUARIO.....	180
9.2	CASOS REALES DE USO ADMINISTRADOR.....	186
9.3	CASOS REALES DE USO OPERADOR .....	190
<b><u>10</u></b>	<b><u>ANEXO J.....</u></b>	<b><u>197</u></b>
10.1	CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO CREADO.....	197
10.2	ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO .....	198
<b><u>11</u></b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>	<b><u>200</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ambiente industrial en una planta de tratamiento de agua. ....	19
Figura 2: Bocatoma con captación mediante desviación lateral de agua.....	22
Figura 3: Oxigenación del agua cruda en la planta de tratamiento de El Tablazo. ....	23
Figura 4: Vertedero.....	24
Figura 5: Acción del sulfato de aluminio en el agua cruda .....	24
Figura 6: Cámaras de mezclado en la planta de tratamiento de El Tablazo. ....	25
Figura 7: Foto de flocladores hidráulicos.....	25
Figura 8: Formación de “floc” por la acción del coagulante.....	25
Figura 9: Foto de los tanques sedimentadores .....	26
Figura 10: Lodo decantado en los sedimentadotes.....	26
Figura 11: Foto de un filtro de arena y grava.....	27
Figura 12: Constitución de filtros de arena y grava .....	27
Figura 13: Cuarto de dosificación de cloro líquido almacenado en cilindros.....	28
Figura 14: Dosificación de cal al agua filtrada mediante una tolva.....	29
Figura 15: Cuarto donde están las bombas que impulsan el agua al norte de la ciudad....	30
Figura 16: Diagrama de los tanques de almacenamiento de agua tratada. ....	30
Figura 17: Sensor de nivel sobre los tanques de almacenamiento .....	31
Figura 18: Transmisor de caudal por diferencial de presión.....	31
Figura 19: Pantalla principal del SCADA de la planta de tratamiento del Tablazo .....	33
Figura 20: Diagrama de la Bocatoma .....	34
Figura 21: Etapa de dosificación de sulfato de aluminio. ....	34
Figura 22: Cámara de mezclado rápido. ....	35
Figura 23: Etapa de floculación. ....	36
Figura 24: Etapa de sedimentación. ....	36
Figura 25: Pantalla de control de los filtros de arena. ....	37
Figura 26: Pantalla de bombeo a la zona norte.....	38
Figura 27: Pantalla del proceso de desinfección .....	38
Figura 28: Tanques de almacenamiento de agua potable. ....	39
Figura 29: Pantalla principal o de menú. ....	40
Figura 30: Diagrama de la Bocatoma .....	41
Figura 31: Etapa de dosificación de sulfato de aluminio. ....	42
Figura 32: Cámara de mezclado rápido .....	43
Figura 33: Etapa de floculación y sedimentación. ....	43

Figura 34: Pantalla de control de los filtros de arena. ....	44
Figura 35: Etapa de desinfección del agua. ....	45
Figura 36: Tanque de almacenamiento de agua potable. ....	45
Figura 37: Diagrama de torta para la visión de los operadores sobre el desarrollo del proceso.....	52
Figura 38: Diagrama de barras que describe cuál es la etapa con más problemas....	53
Figura 39: Diagrama de torta para saber si la etapa con dificultades se puede mejorar. ...	54
Figura 40: Diagrama de barras de equipos faltantes en la planta .....	58
Figura 41: Diagrama de torta para la visión de los operadores sobre el desarrollo del proceso.....	60
Figura 42: Elementos seleccionados del modelo del registro de producción.....	67
Figura 43: Modelo de Eventos ANSI/ISA-88.00.04 .....	68
Figura 44: Modelo de conjunto de datos ANSI/ISA-88.00.04 .....	72
Figura 45: Modelo de personal ANSI/ISA-95.00.01.....	77
Figura 46: Modelo de equipo ANSI/ISA-95.00.01.....	82
Figura 47: Modelo de Material ANSI/ISA-95.00.01.....	87
Figura 48: Modelo de segmento de proceso ANSI/ISA-95.00.01 .....	93
Figura 49: Modelo de desempeño de la producción ANSI/ISA-95.00.01 .....	99
Figura 50: Tendencias en la utilización de editores de ontologías [60].....	159
Figura 51: Diagrama del modelo de personal formalizado en OWL.....	168
Figura 52: Diagrama del modelo de equipo formalizado en OWL.....	169
Figura 53: Diagrama del modelo de equipo formalizado en OWL.....	169
Figura 54: Diagrama del modelo de segmento de proceso formalizado en OWL .....	170
Figura 55: Diagrama del modelo de desempeño de producción formalizado en OWL.....	171
Figura 56: Diagrama del modelo de conjunto de datos formalizado en OWL .....	172
Figura 57: Diagrama del modelo de eventos formalizado en OWL .....	172
Figura 58: Diagrama de nodo y arco .....	174
Figura 59: Mapeo entre una clase y una tabla a través del lenguaje D2RQ .....	176
Figura 60: Mapeo entre un atributo y una columna a través del lenguaje D2RQ.....	177
Figura 61: Opinión de los operarios sobre la manera de obtener la información de variables .....	198



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de descripción de otras etapas y sus dificultades. ....	55
Tabla 2: Instrumentos presentes en la planta que ayudan a medir variables .....	55
Tabla 3: Visión de los operarios de lo que realiza el software industrial del computador en la planta .....	56
Tabla 4: Tipo de mantenimiento que según los operarios se realiza en la planta.....	57
Tabla 5: Emergencias que pueden presentarse en el desarrollo del proceso.....	57
Tabla 6: Tabla de descripción de otras etapas y sus dificultades. ....	62
Tabla 7: Instrumentos presentes en la planta que ayudan a medir variables .....	63
Tabla 8: Tipo de mantenimiento que según los operarios se realiza en la planta.....	64
Tabla 9: Emergencias que pueden presentarse en el desarrollo del proceso.....	65
Tabla 10: Atributos de la clase entrada de registro de producción.....	68
Tabla 11: Atributos de la clase evento.....	70
Tabla 12: Atributos de la clase evento alarma.....	71
Tabla 13: Atributos de la clase asociación de evento.....	71
Tabla 14: Atributos de la clase conjunto de datos .....	72
Tabla 15: Atributos de la clase especificación de tiempo .....	73
Tabla 16: Atributos de la clase especificación de etiqueta .....	74
Tabla 17: Atributos de la clase valor de dato.....	75
Tabla 18: Atributos de la clase valor de tiempo.....	75
Tabla 19: Atributos de objetos clase de personal.....	78
Tabla 20: Atributos de propiedad de clase de personal .....	79
Tabla 21: Atributos de persona.....	79
Tabla 22: Atributos de propiedad de persona.....	80
Tabla 23: Atributos especificación de examen de certificación .....	81
Tabla 24: Atributos de resultado de examen de certificación .....	82
Tabla 25: Atributos de clase de equipo .....	84
Tabla 26: Atributos de propiedad de clase de equipo .....	84
Tabla 27: Atributos de equipo.....	85
Tabla 28: Atributos de propiedad de equipo.....	86
Tabla 29: Atributos de definición de material.....	87
Tabla 30: Atributos de propiedad de definición de material.....	88
Tabla 31: Atributos de clase de material .....	89
Tabla 32: Atributos de propiedad de clase de material .....	90

Tabla 33: Atributos de lote de material .....	90
Tabla 34: Atributos de propiedad de lote de material .....	91
Tabla 35: Atributos de sub-lote de material .....	92
Tabla 36: Atributos de segmento de proceso .....	94
Tabla 37: Atributos de especificación de segmento de personal .....	95
Tabla 38: Atributos de propiedad de especificación de segmento de personal .....	95
Tabla 39: Atributos de especificación de segmento de equipo .....	96
Tabla 40: Atributos de propiedad de especificación de segmento de equipo .....	97
Tabla 41: Atributos de especificación de segmento de material .....	97
Tabla 42: Atributos de propiedad de especificación de segmento de material .....	98
Tabla 43: Atributos de desempeño de la producción .....	100
Tabla 44: Atributos de respuesta de producción .....	101
Tabla 45: Atributos de respuesta del segmento .....	102
Tabla 46: Atributos de datos de producción .....	102
Tabla 47: Atributos de equipo real.....	103
Tabla 48: Atributos de propiedad de equipo real.....	104
Tabla 49: Atributos de material real producido .....	105
Tabla 50: Atributos de propiedad de material real producido .....	106
Tabla 51: Atributos de material consumido .....	107
Tabla 52: Atributos de propiedad de material consumido .....	108
Tabla 53: Instancia operador PTAP e instancias de sus propiedades asociadas .....	109
Tabla 54: Instancia de clase de personal y propiedades asociadas, planta Tablazo. ....	110
Tabla 55: Instancia de especificación de prueba de certificación, planta Tablazo. ....	110
Tabla 56: Instancias de resultados de prueba de certificación, planta Tablazo. ....	111
Tabla 57: Instancia de dosificador químico y propiedades asociadas, planta Tablazo. ....	112
Tabla 58: Instancia de tanque y propiedades asociadas, planta Tablazo. ....	112
Tabla 59: Instancia de filtro de agua y propiedades asociadas, planta Tablazo. ....	113
Tabla 60: Instancia de bomba hidráulica y propiedades asociadas, planta Tablazo..	113
Tabla 61: Instancia de dosificador sulfato y propiedades asociadas, planta Tablazo	114
Tabla 62: Instancia de dosificador de cal y propiedades asociadas, planta Tablazo. ....	114
Tabla 63: Instancia de dosificador de cloro y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	115
Tabla 64: Instancias de tanque de desinfección y propiedad asociada, planta Tablazo.....	115
Tabla 65: Instancia de tanque almacenamiento 1 y propiedad asociada, planta Tablazo	116
Tabla 66: Instancia de tanque almacenamiento 2 y propiedad asociada, planta Tablazo	116
Tabla 67: Instancias de filtros y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	117
Tabla 68: Instancias de bombas hidráulicas y propiedades asociadas, planta Tablazo...	117
Tabla 69: Instancia coagulante y propiedades asociadas, planta Tablazo .....	118

Tabla 70: Instancia de desinfectante y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	118
Tabla 71: Instancia de modificador pH y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	119
Tabla 72: Instancia de sulfato de aluminio y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	119
Tabla 73: Instancia de cloro y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	120
Tabla 74: Instancia de cal y propiedades asociadas, planta Tablazo.....	120
Tabla 75: Instancia de lote de material LMSA-51 y propiedades asociadas, planta Tablazo ..	121
Tabla 76: Instancia delote de material LMCL-40 y propiedades asociadas, planta Tablazo ...	121
Tabla 77: Instancia de lote de material LMCC-35 y propiedades asociadas, planta Tablazo..	121
Tabla 78: Instancia segmento de proceso, planta Tablazo.....	122
Tabla 79: Instancia de especificación de segmento de personal, planta Tablazo.....	122
Tabla 80: Instancias de especificación de segmento de equipo, planta Tablazo.....	123
Tabla 81: Instancias de especificación de segmento de material, planta Tablazo.....	124
Tabla 82: Instancia de desempeño de la producción, planta Tablazo.....	125
Tabla 83: Instancia de respuesta de producción, planta Tulcán.....	125
Tabla 84: Instancia de respuesta del segmento, planta Tablazo.....	126
Tabla 85: Instancia de material producido, planta Tablazo.....	126
Tabla 86: Instancias de propiedad de material producido, planta Tablazo.....	127
Tabla 87: Instancias de material consumido, planta Tablazo.....	128
Tabla 88: Instancia de operador PTAP y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	129
Tabla 89: Instancias de personal y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	130
Tabla 90: Instancia de especificación de prueba de certificación, planta Tulcán.....	130
Tabla 91: Instancias de resultados de prueba de certificación, planta Tulcán.....	130
Tabla 92: Instancia dedosificador químico y propiedades asociadas, planta Tulcán..	131
Tabla 93: Instancia de tanque y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	131
Tabla 94: Instancia de filtro de agua y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	132
Tabla 95: Instancia de dosificador de sulfato y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	132
Tabla 96: Instancia de dosificador de cal y propiedades asociadas, planta Tulcán ...	133
Tabla 97: Instancia de dosificador de cloro y propiedades asociadas, planta Tulcán	133
Tabla 98: Instancias de tanque de desinfección y propiedad asociada, planta Tulcán.....	134
Tabla 99: Instancia de tanque almacenamiento 1 y propiedad asociada, planta Tulcán.....	134
Tabla 100: Instancias de filtros y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	135
Tabla 101: Instancia de coagulante y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	135
Tabla 102: Instancia de desinfectante y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	136
Tabla 103: Instancia de modificador pH y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	136
Tabla 104: Instancia de sulfato aluminio y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	137
Tabla 105: Instancia de cloro y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	137
Tabla 106: Instancia de cal y propiedades asociadas, planta Tulcán.....	138

Tabla 107: Instancia de lote de material LMSA-51 y propiedades asociadas, planta Tulcán ..	138
Tabla 108: Instancia de lote de material LMCL-40 y propiedades asociadas, planta Tulcán ..	139
Tabla 109: Instancia delote de material LMCC-35 y propiedades asociadas, planta Tulcán...	139
Tabla 110: Instancia de segmento de proceso, planta Tulcán .....	140
Tabla 111: Instancia de especificación de segmento de personal, planta Tulcán.....	140
Tabla 112: Instancias de especificación de segmento de equipo, planta Tulcán.....	141
Tabla 113: Instancias de especificación de segmento de material, planta Tulcán.....	142
Tabla 114: Instancia de desempeño de la producción, planta Tulcán.....	143
Tabla 115: Instancia de respuesta de producción, planta Tulcán .....	143
Tabla 116: Instancia de respuesta del segmento, planta Tulcán .....	144
Tabla 117: Instancia de material producido, planta Tulcán .....	144
Tabla 118: Instancias de propiedad de material producido, planta Tulcán .....	145
Tabla 119: Instancias de material consumido, planta Tulcán.....	146
Tabla 120: Constructores OWL Lite .....	158
Tabla 121: Constructores adicionales OWL DL y OWL Full.....	158
Tabla 122: Información general de la herramienta .....	161
Tabla 123: Arquitectura software y evolución de la herramienta .....	161
Tabla 124: Formatos soportados para importar y exportar .....	162
Tabla 125: Servicios de Inferencia .....	162
Tabla 126: Facilidades gráficas para la edición.....	162
Tabla 127: Recursos que soportan la edición .....	162
Tabla 128: Comparación APIs de desarrollo .....	167
Tabla 129: Propiedades del constructor d2rq: Database .....	177
Tabla 130: Propiedades empleadas del constructor d2rq:ClassMap .....	178
Tabla 131: Propiedades empleadas del constructor d2rq:PropertyBridge. ....	179
Tabla 132: Caso de uso real iniciar sesión.....	182
Tabla 133: Caso de uso real cambiar contraseña .....	185
Tabla 134: Caso de uso real gestionar cuentas .....	189
Tabla 135: Caso de uso real consultar históricos.....	194
Tabla 136: Caso de uso real consultar eventos .....	196

# 1 ANEXO A

## 1.1 HISTORIA DE LAS ONTOLOGÍAS

La palabra Ontología proviene del griego, idioma en el que significa “estudio del ser”. Los griegos la utilizaban para la interpretación fundamental de que ellos llamaban constituyentes (fenómenos o sucesos) del mundo según la experiencia. Todos estos constituyentes (individuos, conceptos y objetos) poseen cada uno sus atributos, los cuales era necesario definirlos y explicarlos para poder comprender los constituyentes de una buena forma [1]. En esta época se encuentran importantes filósofos que contribuyeron con creación y definición del término “ontologías”. Entre ellos podemos destacar a Tales de Mileto y Anaxímenes de Mileto (se preocupaban por buscar el origen de todo), Pitágoras (las cosas, fenómenos y la vida real eran explicadas o podían ser interpretadas mediante los números o expresiones matemáticas) [2]. Este último escribió un libro con sus hallazgos obtenidos durante varios años de su vida y en el cual se dio cuenta que había creado una nueva ciencia llamada Ontología, la cual sus hijos se dedicaron a enseñar.

Más tarde, en el siglo XVII, surgió un nuevo nombre para una nueva disciplina del carácter de la presentada por los filósofos anteriores; la propuesta fue hecha por filósofos influenciados directa o indirectamente por la tradición escolástica. Diversos historiadores mencionan a Johann Clauberg como el primer filósofo que acuñó el término “ontología”, aunque esto es discutible, puesto que la primera aparición de las ontologías como término más preciso fue dada por Rudolf Goclenius; desde ahí el concepto ontología comenzó a usarse para hablar de la ciencia de la filosofía. Más adelante, otro filósofo destacado llamado Leibniz usó el término “Ontología” en su "Introductio ad Encyclopaediam arcanam", de forma similar a Clauberg; con base en este último libro apareció el considerado como el primer libro publicado titulado ONTOLOGÍA [2] [3].

Tiempo después Christian Wolff popularizó en círculos filosóficos la palabra “ontología”, la cual es usada como un método demostrativo racional y deductivo. Siguiendo a Wolff, Alexander Baumgarten definió ontología “como la ciencia de los predicados más generales y abstractos de todo”, de forma que a ella pertenecen los principios cognitivos fundamentales del pensamiento humano. El filósofo Kant se interesó, por desvirtuar las definiciones de ontología anteriores [2]. Estaba convencido de haber logrado eliminarla mediante su analítica trascendental en toda su “Crítica a la Razón Pura”, la cual es, de alguna forma, el trabajo de un hombre obsesionado y profundamente angustiado por las ontologías. Así, muchos más ontólogos filósofos intentaron revelar los aspectos comunes de las cosas para entenderlas de manera tal que el término ontología ingresó a otros campos del conocimiento, como la inteligencia artificial (IA), la informática, etc. [3].

En los últimos años se ha aplicado el término ontología en otros campos del conocimiento donde es considerada algo más que una herramienta para el análisis superficial de algún fenómeno, a través de la cual es posible extraer conocimiento difícil de ver desde el exterior. Razón por la cual los científicos en Inteligencia Artificial han incluido a las ontologías como herramienta para ayudar a cumplir con la inmensa tarea de imitar el comportamiento y razonamiento humano. En la informática las ontologías aparecieron como herramienta que permite y facilita el proceso de compartir y reutilizar el conocimiento [2] [3]. Los estudios más relevantes son realizados en áreas como la ingeniería del conocimiento, procesamiento del lenguaje natural o representación del conocimiento. Más recientemente, la noción de ontología se ha popularizado en campos como integración inteligente de información, sistemas cooperativos de información, recuperación de información, comercio electrónico y gestión de conocimiento. La razón por la cual las ontologías son ahora tan populares es, en gran medida, debido a lo que prometen: una comprensión compartida y común de algún dominio que puede ser comunicado entre individuos y aplicaciones.

## **1.2 DEFINICIONES**

La palabra ontologías tiene muchas definiciones, las cuales son acordes a la ciencia o al tema al cual van a ser aplicadas. Entre las definiciones más relevantes se encuentran las presentadas a continuación.

### **1.2.1 Definición según la filosofía**

En este campo del conocimiento se pueden encontrar varias definiciones con las cuales se puede hacer una idea del enfoque que las ontologías tienen aquí. Como éste no es el campo de trabajo de interés, solamente se presenta una de ellas sin entrar en mayores detalles; así, pues, una ontología desde el punto de vista de la filosofía corresponde a:

“Ontología es la ciencia o estudio del ser, más específicamente, una rama de la metafísica relacionada con la naturaleza y las relaciones del ser” [2] [3]

### **1.2.2 Definición según la Inteligencia Artificial (IA)**

En esta parte se observa la influencia o el uso de las ontologías en la IA. Muchos investigadores interesados en este campo del conocimiento y aprovechando la capacidad que tienen las ontologías para extraer del mundo real información, buscan mediante conceptos representar las partes fundamentales o importantes de un fenómeno, además esperando que cada sistema de información tenga la capacidad para poder aprender mediante la experiencia de lo que está pasando a su alrededor. Con base en esto la definición en este campo es la siguiente:

“Una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida”.

En este contexto, “conceptualización” se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo, a través de la identificación de los conceptos (términos) relevantes de dicho fenómeno. “Explícita” significa que el tipo de conceptos y restricciones usados se definen sin ambigüedades; “formal” representa el hecho de que la ontología debería ser entendible por las máquinas y “compartida” refleja la noción de que una ontología captura conocimiento consensual; esto se relaciona con que es aceptado por un grupo [2].

### **1.2.3 Definición según la informática**

En el campo de la informática se encuentran varias definiciones con las cuales se puede observar la forma como son usadas las ontologías en esta área.

Para comenzar, las ontologías son usadas en esta área gracias a las ventajas obtenidas en la aplicación de ellas en la Inteligencia Artificial [4]. Dentro de la informática una ontología hace referencia al intento de formular un exhaustivo y riguroso esquema conceptual dentro de un dominio de conocimiento dado, con la finalidad de facilitar la comunicación y la compartición de la información entre diferentes sistemas [5] [6].

En este campo las ontologías se emplean como medio para organizar la información de sistemas de información, con el fin de facilitar el acceso, búsqueda e integración de la misma sin importar inconvenientes asociados a heterogeneidades semánticas [7]



### 1.3 LAS ONTOLOGÍAS ENFOCADAS AL CAMPO DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Desde principios de 1990 las ontologías se han constituido en un tema de investigación muy popular. Como herramienta que brinda una serie de prometedoras posibilidades para mejorar considerablemente el potencial de la administración del conocimiento. Los logros más grandes se han dado en trabajos de investigación en los campos de la medicina y biología [11] .

A nivel industrial se encuentran un trabajo destacable que se encuentra en pleno desarrollo denominado Plataforma de Integración de información (IIP) [11] . Este trabajo constituye uno de los primeros intentos en aplicar las ontologías y sus tecnologías en un ambiente industrial [11]. Aunque la plataforma de integración de información IIP no ha sido validada en una aplicación real con el fin de determinar sus beneficios, el enfoque adoptado para la construcción de ontologías en base a las terminologías proporcionadas por los estándares industriales (ISO 15926, DISKOS, WITSML, ISO 13628/14224, SAS), que son comunes a un gran número de aplicaciones, permiten su adaptación a aplicaciones del mismo dominio puesto que a partir de dichos conceptos generales se pueden realizar las respectivas especificaciones necesarias para una aplicación en particular. Este esfuerzo consistente en la formalización (a través del lenguaje OWL [*Ontology Web Language*]) de los estándares de la industria mediante el uso de una ontología que muy posiblemente conllevará al establecimiento de un estándar semántico (respaldado por la ISO), basado en ontologías, el cual será de gran utilidad al sector petrolero para el desarrollo de nuevos proyectos que permitirán acelerar la producción y reducir los costos operacionales asociados a su puesta en marcha. De la buena respuesta que tenga el sector petrolero en general ante este posible nuevo estándar, de alguna forma u otra se impulsará el desarrollo de iniciativas del mismo tipo en otros ámbitos industriales, en los cuales las exigencias del mercado requieran de sistemas realmente integrados de producción.

Otro proyecto llamado ScadaOnWeb [12] es un trabajo mucho más relacionado con la propuesta de este proyecto (en el sentido de emplear la tecnología de SCADA). Su objetivo es la gestión inteligente vía, tecnología Web, de grandes cantidades de información provenientes de distintos procesos industriales, en donde dicha información es fundamental para la toma de decisiones dentro de cada proceso. También se cuenta con un proyecto acerca de una aplicación en una planta generadora de energía en la cual sus procesos están implementados con ALSTOM, ABB, SIEMENS, MR, RWE y FGH proveedores de instrumentación industrial con los cuales se capturan datos del proceso y se controla el mismo; estos datos o información son estructurados, organizados e intercambiados gracias a la ayuda de las ontologías (formalizadas a través del lenguaje XML) que permiten solucionar el problema de interoperabilidad entre instrumentos para que sea presentada en un SCADA en la Web y de ahí los operadores de la planta generadora eléctrica tomen las decisiones necesarias para el buen funcionamiento de ella [12].

Entre tanto, en el proyecto de maestría presentado por Jussila Janne [9], se demostró la aplicabilidad de las tecnologías de sistemas multi-agente y de ontologías en la búsqueda, recuperación e integración de información para el dominio de la automatización de procesos, al presentar información significativa para las tareas de toma de decisiones. La utilización de agentes, al tener un carácter distribuido, permitió la búsqueda y recuperación de información compleja mediante el aprovechamiento de las relaciones entre conceptos que provee la ontología (formalizada en OWL), lo cual le permite al usuario obtener información mucho más ilustrativa de las situaciones de un proceso productivo [9]. Una de las posibles desventajas de esta aproximación radica en el empleo de ontologías específicas a la aplicación, lo cual limitaría su reutilización en otra área. Este aspecto podría mejorarse empleando terminologías comúnmente aceptadas como las que proveen los estándares industriales [11] [8] .

De forma similar, se han desarrollado modelos ontológicos con el fin de mejorar la asistencia por computador a los procesos de desarrollo y

manufactura de un producto en el sector farmacéutico [8]. Para esto, el empleo de estándares reconocidos en la industria (ISA S88, S95, AP231, FIATECH, STEP y CAPE-OPEN) como punto de partida para el desarrollo de ontologías de procesos de manufactura, constituyó un aspecto clave para lograr la interoperabilidad de sistemas [8]. Esto se debe a que la terminología comúnmente aceptada y sin ambigüedades que proveen los estándares, permiten que mediante la formalización (empleando el lenguaje OWL) de las clases, relaciones, funciones, axiomas e instancias necesarias que conforman una ontología se vuelvan explícitos los contenidos a nivel computacional, lo cual brinda la posibilidad de mejorar el procesamiento e integración de la información [11] [8].

Con base en los anterior se puede decir que la plataforma IIP y la ontología para procesos farmacéuticos son proyectos mucho más elaborados que la propuesta presentada dentro de este proyecto, debido a que apuntan a convertirse en un estándar semántico internacional o una arquitectura de referencia respectivamente para las industrias pertenecientes a dichos sectores [11] [8]. Por esta razón, el nivel intensivo de pruebas y evaluaciones que conlleva este tipo de iniciativas ha causado que hasta la fecha las ontologías no se encuentren disponibles públicamente para su adaptación o punto de referencia de este proyecto [11] [8]

Por su parte, el proyecto ScadaOnWeb aunque tiene disponible públicamente la ontología aplicada al dominio de generación de energía [12], dicha ontología difiere de la propuesta presentada en el aspecto que sólo se le da un tratamiento sintáctico a la información en lugar de semántico, esto debido al empleo del lenguaje XML como medio para formalizar la ontología [13]. El cual al no brindar la posibilidad de especificar formalmente el significado de la información impide su procesamiento automático, como lo es posible con lenguajes denominados “ontológicos”, como por ejemplo el OWL [2] [9].



Teniendo presente que el objetivo general de este proyecto es la realización de un modelo ontológico que establezca un dominio común entre la información generada por las aplicaciones SCADAs (iFIX™ y RSView@32™) y el cliente interno, entonces, teniendo presentes las características del proceso seleccionado, se supondrá que cada una de las plantas en las que se realiza el proceso de potabilización está controlada por una herramienta SCADA.

Cabe resaltar que en la realidad sólo la planta de El Tablazo cuenta con un sistema SCADA para el monitoreo y control de operaciones mientras que en el caso de Tulcán este proceso se realiza de forma manual.

Para ilustrar el proceso seleccionado, a continuación se describirá algunos aspectos generales de cada planta, para posteriormente detallar cada una de las etapas involucradas en el proceso de tratamiento de agua potable (la siguiente información es tomada de folletos, entrevistas y visitas técnicas realizadas a las plantas).

### **2.1.1 Planta de tratamiento de Tulcán.**

Ubicada al oriente de la ciudad de Popayán en predios del cerro de las tres cruces, su fuente de abastecimiento de agua es el río Molino. Tiene una capacidad de 150 Litros/segundo y es la encargada de abastecer al 10% de la población (sector antiguo o colonial centro) de la ciudad. Esta planta está sin automatizar, por lo cual para los propósitos de este trabajo se supondrá que posee un sistema de control y supervisión SCADA realizada en la herramienta iFIX, el cual fue desarrollado a partir de la información obtenida de la realización de visitas técnicas a la planta de tratamiento.

A continuación se presentan las etapas que comprenden el proceso de tratamiento de agua potable en la planta de Tulcán.

1. Bocatoma
2. Oxigenación
3. Dosificación
4. Mezclado rápido
5. Floculación
6. Sedimentación
7. Filtración
8. Desinfección
9. Almacenamiento

### **2.1.2 Planta de tratamiento de “El Tablazo”.**

Ubicada al norte de la ciudad de Popayán cerca a un lugar conocido como la piedra del norte, sus fuentes de abastecimiento son el río las Piedras y quebrada Pisojé. Tiene una capacidad de 1.050 Litros/Segundo y es la encargada de abastecer al 90% de la población (norte, occidente y oriente de la ciudad).

A continuación se presentan las etapas que comprenden el proceso de tratamiento de agua potable en la planta de El Tablazo

1. Bocatoma
2. Oxigenación
3. Dosificación
4. Mezclado rápido
5. Floculación
6. Sedimentación
7. Filtración
8. Desinfección
9. Bombeo de agua hacia el norte
10. Almacenamiento

### 2.1.3 Descripción de las etapas del proceso de potabilización de agua

Una vez presentadas las etapas que componen cada uno de los procesos de tratamiento de agua potable en las plantas, a continuación se procede a realizar una descripción más detallada de cada una de ellas.

#### 2.1.3.1 Bocatoma

El proceso de potabilización comienza con la captación del agua de la fuente (río las Piedras, río Molino, quebrada Pisojé). De la fuente se extrae el agua por medio de unas BOCATOMAS y se envía a la planta de tratamiento a través de tuberías dicha captación es de tipo lateral (ver Figura 2) y se realiza a través de rejillas que se ubican en la bocatoma con el fin de impedir el paso de matas, leños, lodos y basura que son transportados(as) por el río o quebrada.

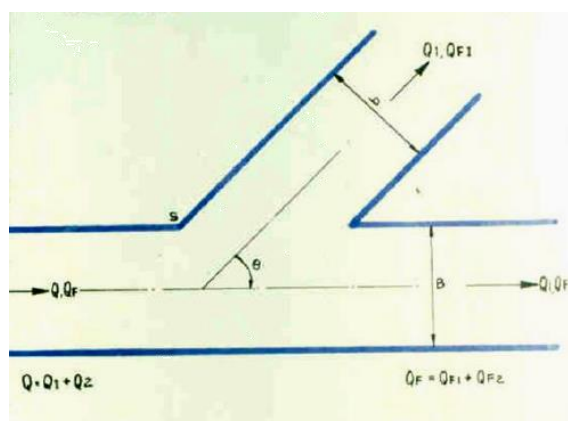


Figura 2: Bocatoma con captación mediante desviación lateral de agua.

#### 2.1.3.2 Oxigenación

Luego de transportada el agua por tuberías cerradas desemboca sobre una elevación en forma de escalera que tiene como fin realizar la oxigenación del agua. (Ver Figura 3). El proceso consiste en hacer que el agua gane moléculas de oxígeno que hasta el momento había perdido por falta de contacto con el aire libre.



**Figura 3: Oxigenación del agua cruda en la planta de tratamiento de El Tablazo.**

### **2.1.3.3 Dosificación de productos químicos**

Una vez realizada la oxigenación del agua ésta ingresa al área del vertedero, lugar donde por su forma de construcción se hace una medición del caudal del agua cruda que está ingresando a las plantas, tanto la del Tablazo como la de Tulcán. También es el lugar donde se realiza la aplicación del sulfato de aluminio (ver Figura 6), a través de una máquina dosificadora en sólido, que funciona mediante una banda transportadora que se mueve más rápido o lento según la cantidad de sulfato que se le desee o que sea necesario agregar, esto con el fin de reducir la turbiedad del agua a través del proceso de floculación.

El sulfato de aluminio es un coagulante que se emplea para neutralizar las cargas eléctricas negativas que poseen las partículas en suspensión en el agua cruda, con el fin de formar el “floc” constituido por la aglomeración de varias partículas en suspensión, las cuales al aumentar su tamaño comienzan a ir al fondo del agua. (Ver Figura 5).





Figura 4: Vertedero

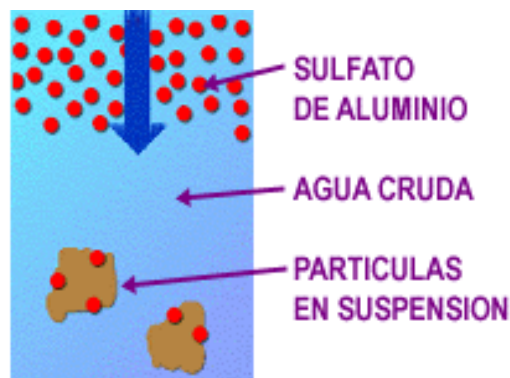


Figura 5: Acción del sulfato de aluminio en el agua cruda

#### 2.1.3.4 Mezcla rápida

Al salir del vertedero el agua es conducida a través de un sistema de canales en forma de S denominados cámaras de mezcla rápida (ver Figura 6), donde se realiza la dispersión uniforme del floculante (sulfato de aluminio o alumbre) a través de toda la masa o flujo de agua cruda. Es importante resaltar que de un buen diseño de una cámara de mezclado depende que se logre la distribución uniforme del sulfato que permita la formación del “floc”, con lo cual se obtiene un agua de mayor claridad dentro de las siguientes etapas.



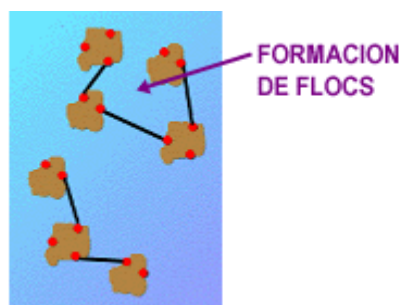
**Figura 6:** Cámaras de mezclado en la planta de tratamiento de El Tablazo.

### 2.1.3.5 Floculación.

El agua mezclada con los químicos pasa a los floculadores (ver Figura 7), donde es agitada lentamente con el fin de que el coagulante pueda ejercer su acción produciendo con ello el denominado “floc” (ver Figura 8) el cual es una bola de barro que se decanta en los sedimentadores.



**Figura 7:** Foto de floculadores hidráulicos.



**Figura 8:** Formación de “floc” por la acción del coagulante.

### 2.1.3.6 Sedimentación

En esta etapa el agua es separada del barro en los decantadores, los cuales cuentan con una serie de placas paralelas; el barro o floc queda atrapado entre las placas y se va al fondo del tanque sedimentador (ver Figura 10). El agua ya clarificada pasa a la siguiente etapa mediante unos tubos colocados estratégicamente en la superficie donde el agua está con menos partículas suspendidas de barro (ver Figura 9)



Figura 9: Foto de los tanques sedimentadores,

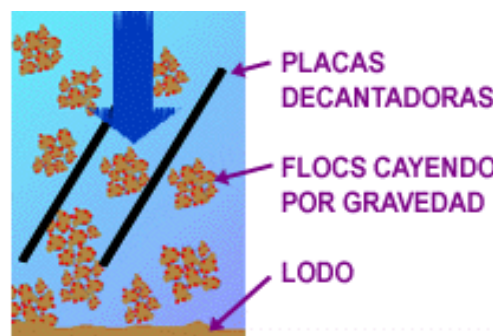


Figura 10: Lodo decantado en los sedimentadotes

### 2.1.3.7 Filtración

A continuación el agua ya clarificada es conducida a unos filtros de arena y antracita donde es sometida a una mayor purificación (ver Figura 13)., dado que en ellos se logra eliminar partículas y algunos microorganismos que no

hayan sido retenidos en los procesos previos. Las pequeñas partículas son retenidas en los huecos existentes entre los granos de arena al pasar el agua a través de un lecho de este material ubicado en el fondo del filtro (ver Figura 12). El lecho de arena es lavado periódicamente, haciendo pasar aire y agua ya tratada en sentido contrario al paso normal del agua que quiere ser clarificada. El agua usada en el lavado vuelve al proceso enviándola a la etapa de mezclado rápido mediante tuberías para ser otra vez clarificada.



Figura 11: Foto de un filtro de arena y grava.

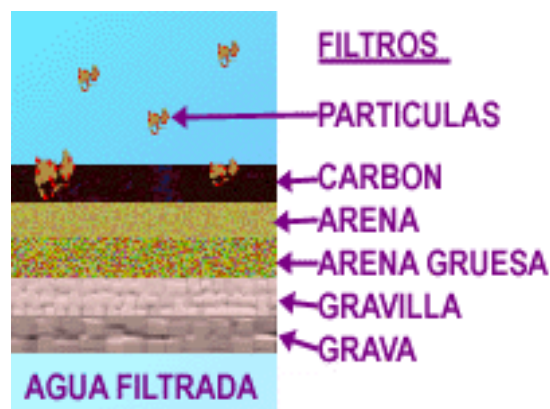


Figura 12: Constitución de filtros de arena y grava

### 2.1.3.8 Desinfección

De los filtros el agua pasa a unos tanques llamados cisternas (5 en total); allí recibe una dosis de cloro (líquido) (ver Figura 13), proceso que es de gran riesgo puesto que el cloro es un sulfato muy tóxico. Para agregar esta sustancia al agua se tiene un dosificador que funciona constantemente; esta adición de sulfato garantiza una mejora en la calidad del agua que se va a entregar a la comunidad porque es la sustancia encargada de eliminar microorganismos que aun están presentes en ella. Además, en esta etapa se le agrega al agua una dosis de cal (ver Figura 14), sulfato que sirve o se utiliza para subirle el pH (grado de acidez del agua) que se ve afectado por la adición del cloro y para proteger las tuberías de la corrosión.

La adición adecuada de cloro permite eliminar la totalidad de los microorganismos patógenos (bacterias y virus) y así asegurar una completa desinfección del agua entregada a la población.



**Figura 13: Cuarto de dosificación de cloro líquido almacenado en cilindros**



**Figura 14: Dosificación de cal al agua filtrada mediante una tolva**

### **2.1.3.9 Bombeo de agua al norte de la ciudad**

Debido a la ubicación de la planta de tratamiento de agua de El Tablazo, se hace necesario bombear agua hacia la parte norte de la ciudad, que se encuentra a mucha más altura sobre el nivel del mar que la de la planta (el agua es distribuida al resto de la población por gravedad). Así, el agua que va a ser destinada hacia el norte de la ciudad es bombeada constantemente y conducida por tuberías a un tanque de almacenamiento desde donde se suministra a los barrios de ese sector. Debido a lo anterior es importante que las bombas estén en óptimas condiciones para su funcionamiento constante, evitando que los barrios del norte de la ciudad sufran lo menos traumatismos por falta de agua. (Ver Figura 15)

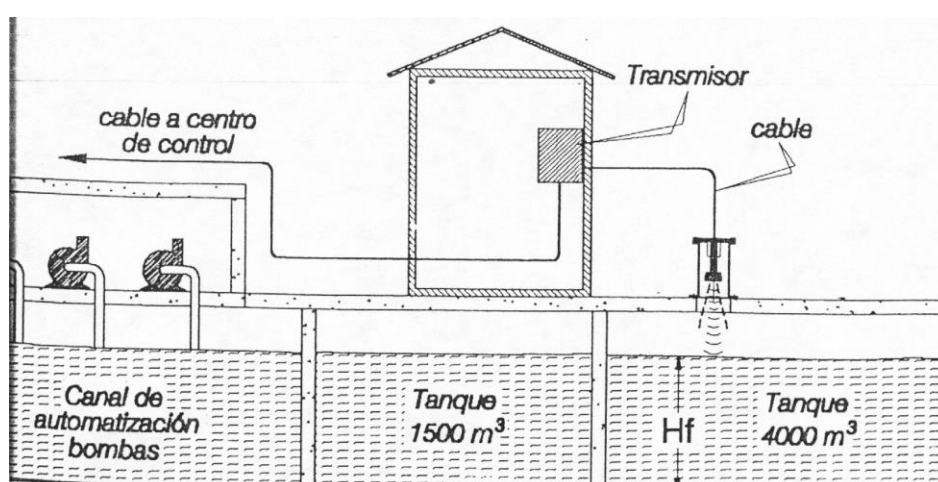


**Figura 15: Cuarto donde están las bombas que impulsan el agua al norte de la ciudad**

### 2.1.3.10 Almacenamiento

Finalizado todo el proceso de purificación y desinfección, el agua que en ese punto ya está lista para el consumo humano (agua potable o tratada) es almacenada en dos tanques perfectamente adecuados (ver Figura 16), con los que se busca evitar que el agua pierda las condiciones de calidad ya ganadas en las etapas anteriores. En esta etapa es importante tener control sobre el nivel o la altura del agua en los tanques (ver Figura 17), con el fin de evitar que se llenen al máximo y se pierda agua tratada por rebose de los mismos, o para evitar que los tanques se queden sin agua y se generen traumatismos en los usuarios de este servicio.

También es fundamental que los niveles de pH (acidez), color y turbidez sean los deseados o los mínimos para considerar que el agua es de calidad y está lista para su consumo. Otra variable que es importante medir es el caudal con que sale el agua tratada de los dos tanques por medio de las tuberías que van a la ciudad. (Ver Figura 18)



**Figura 16: Diagrama de los tanques de almacenamiento de agua tratada.**



**Figura 17: Sensor de nivel sobre los tanques de almacenamiento**



**Figura 18: Transmisor de caudal por diferencial de presión**



## **2.2 SISTEMAS DE SUPERVISIÓN SCADA EN CADA UNA DE LAS PLANTAS**

Un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en algún control de proceso de producción en una planta, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sensores, transmisores, tarjetas de adquisición de datos, controladores lógicos programables PLCs, etc.), proporcionando una visión de lo que sucede con cada variable del proceso en la pantalla de un computador, dando la posibilidad de controlar el proceso de forma automática desde misma la pantalla.

Los componentes hardware y software están siendo cada vez más potentes y más rentables. Por tanto, al implementar un sistema SCADA se busca que la información del proceso sea manejada de un manera más fácil, más oportuna y, lo más importante, que la información llegue en tiempo real (significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo específico dependiendo de la variable o de lo crítico del su cambio). Características que dan como resultado un aumento en la eficiencia de nuestro proceso de producción y un aumento en la calidad. Así, pues, a continuación se presenta las herramientas SCADAS donde se simulan cada una de las plantas de tratamiento de agua potable.

### **2.2.1 Sistema de control y supervisión de la planta del Tablazo**

El sistema SCADA de esta planta está simulado empleando la herramienta RSVIEW®32™ de Rockwell Software®. Todos los datos y los comportamientos simulados presentes en todo el sistema de supervisión son basados en los rangos y comportamientos reales de cada variable dentro de la planta de tratamiento de agua del Tablazo. En la

Figura 19 se presenta la pantalla de inicio donde se encuentra el menú de toda aplicación; en esta pantalla aparecen datos de fecha y hora, botones de control

del proceso (inicio y parada) y botones para acceder a cada una de las etapas del proceso y ver en tiempo real lo que sucede con cada una de las variables.



**Figura 19: Pantalla principal del SCADA de la planta de tratamiento del Tablazo**

A continuación se podrá observar de forma particular y brevemente cada pantalla a la cual se puede acceder desde la pantalla principal.

En la

Figura 20 se puede observar la etapa del proceso llamada bocatoma (etapa que se desarrolla lejos de la planta de tratamiento) donde la parte fundamental es ver el comportamiento del caudal que se toma del río; este valor es indispensable para saber si con él se puede cumplir con la demanda constante de agua (como por ejemplo cuando se acerca una hora de mucho consumo de agua).

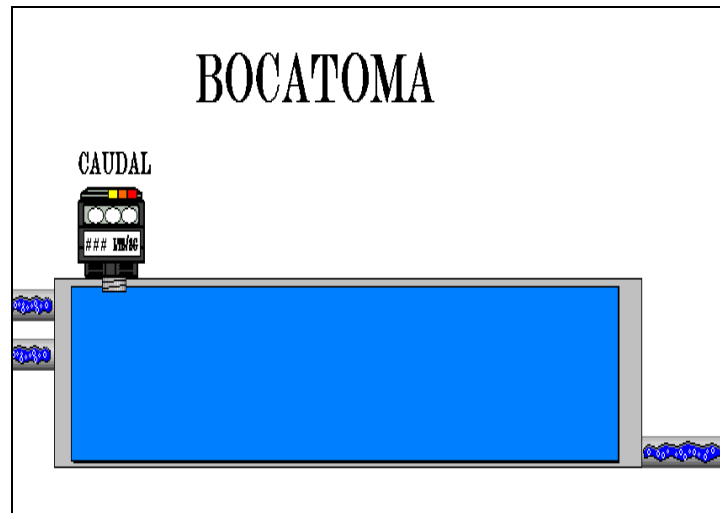


Figura 20: Diagrama de la Bocatoma

En la Figura 21 se puede observar la etapa del proceso donde se realiza la dosificación del sulfato de aluminio (agente decantador); en esta pantalla se observa el comportamiento de la cantidad de sulfato que se adhiere por segundo al agua cruda y también se observa los valores en tiempo real del pH y caudal de entrada de agua cruda a la planta.



Figura 21: Etapa de dosificación de sulfato de aluminio.

Cada pantalla presentada da la posibilidad al supervisor de volver en cualquier momento al menú (pantalla principal mostrada anteriormente donde están los

botones de acceso a cada etapa del proceso); en ese momento la pantalla actual se cierra y se carga la pantalla principal para escoger una nueva etapa del proceso.

En la

Figura 22 se muestra la etapa de mezclado rápido (la Figura muestra un mezclado realizado por medio de un motor por facilidad de simulación, en la realidad se hace mediante un mezclador hidráulico)

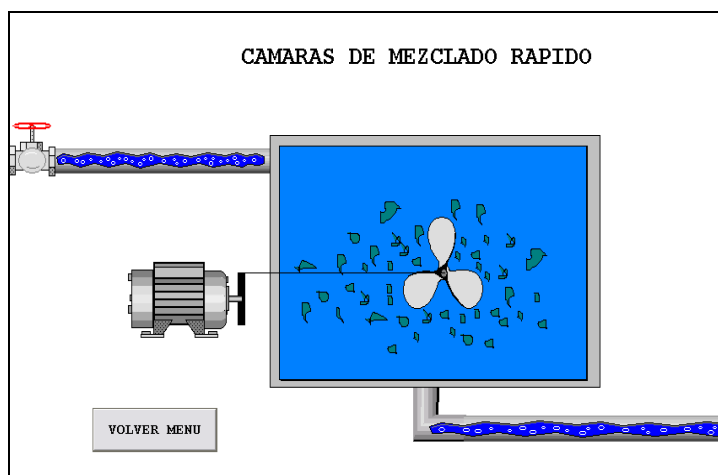
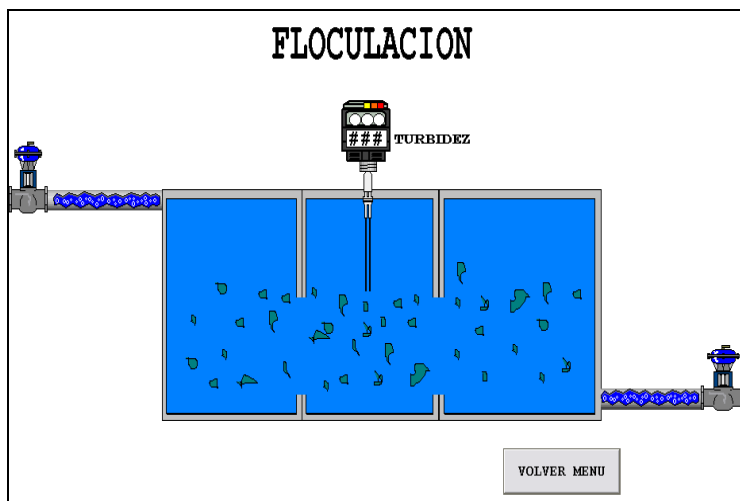


Figura 22: Cámara de mezclado rápido.

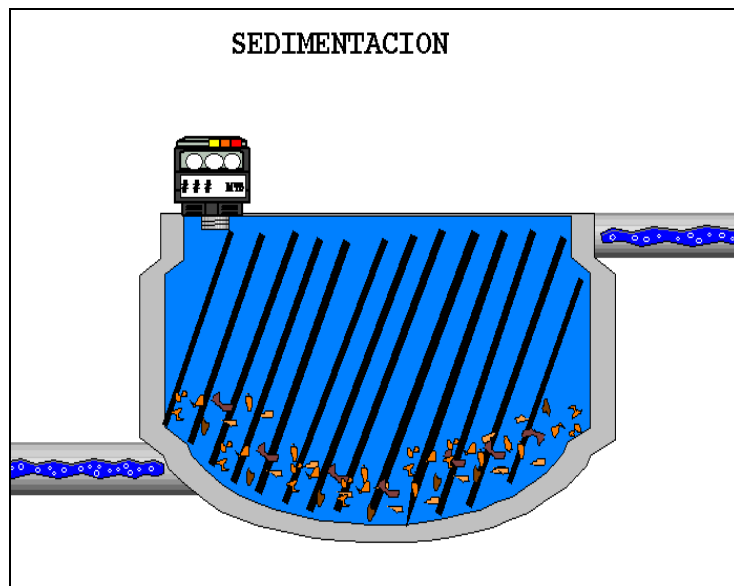
La

Figura 23 muestra la etapa de floculación; en esta pantalla se puede observar el comportamiento de la medición turbidez del agua cruda.



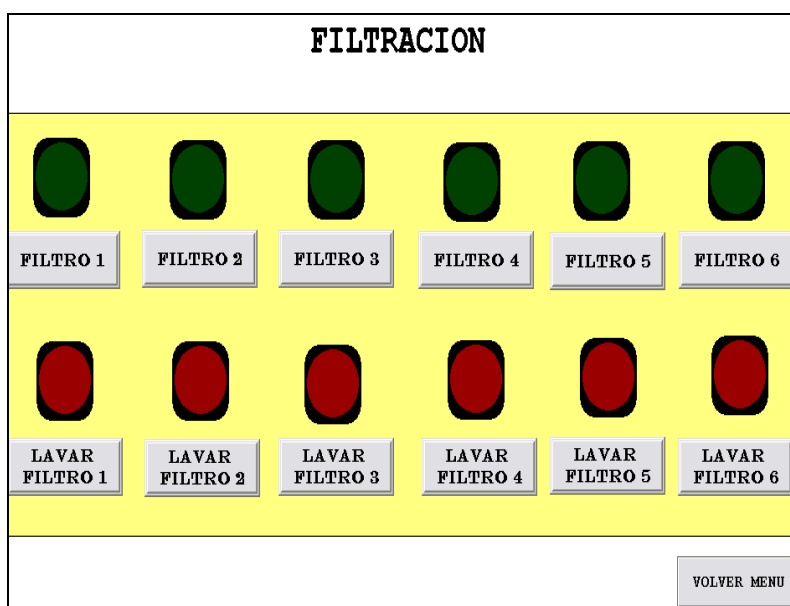
**Figura 23: Etapa de floculación.**

En la Figura 24. Se puede apreciar la pantalla de la etapa de sedimentación; en ella se observa el comportamiento del nivel en el tanque de sedimentación, variable importante ya que el nivel debe estar por encima de una medida fija para que el agua pueda pasar de esta etapa a la filtración.



**Figura 24: Etapa de sedimentación.**

En la Figura 25. Se puede observar la pantalla donde el operario puede controlar el funcionamiento de cada filtro de la planta, además de tener la posibilidad de activar el proceso de lavado de cada filtro; en la pantalla mediante luces se ve el estado de cada filtro, los colores opacos significan que la acción no está activada y los colores vivos que la acción esta activada.



**Figura 25: Pantalla de control de los filtros de arena.**

A diferencia de la planta de tratamiento de Tulcán, desde la planta del tablazo (planta de tratamiento principal de la ciudad) se bombea agua hacia la parte norte de la ciudad que se encuentra a una altura superior a la de la planta. La simulación de esta etapa se aprecia en la

Figura 26. En esta pantalla se observa las animaciones de los tanques (el de la planta desde donde se bombea y el ubicado en la zona norte de la ciudad) y se tienen los botones para activar las bombas de agua según sea la demanda de los habitantes de la zona norte de la ciudad de Popayán.

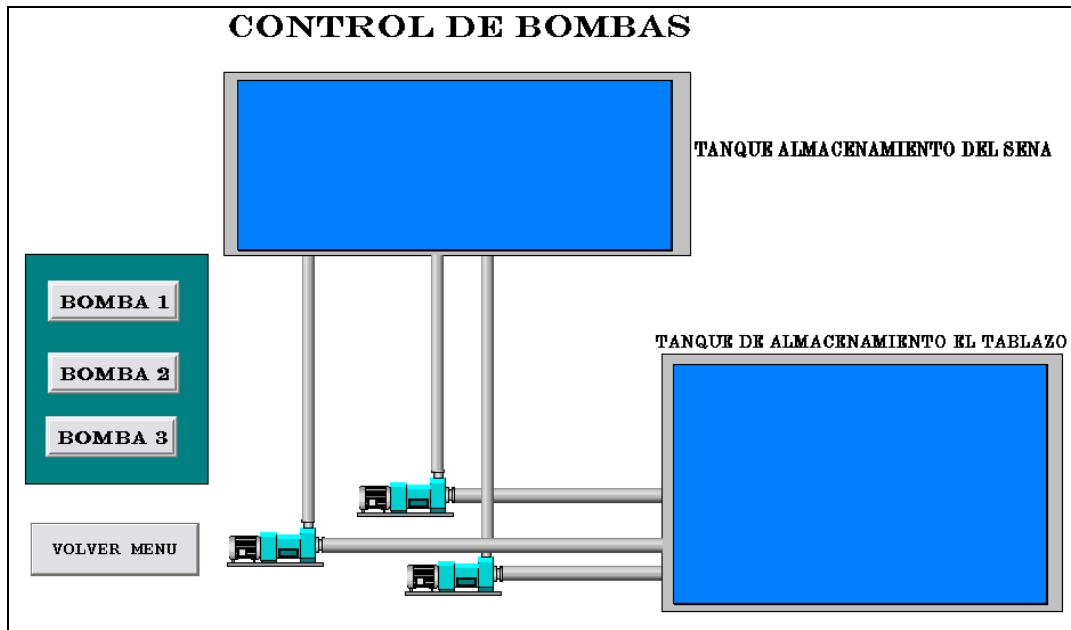


Figura 26: Pantalla de bombeo a la zona norte

En la

Figura 27 se aprecia las animaciones de la etapa de desinfección; en ella se puede observar el comportamiento del valor de la cantidad de cloro y cal que se le agrega al agua en cada segundo para desinfectarla y para que esté en condiciones de calidad óptimas para el consumo humano.

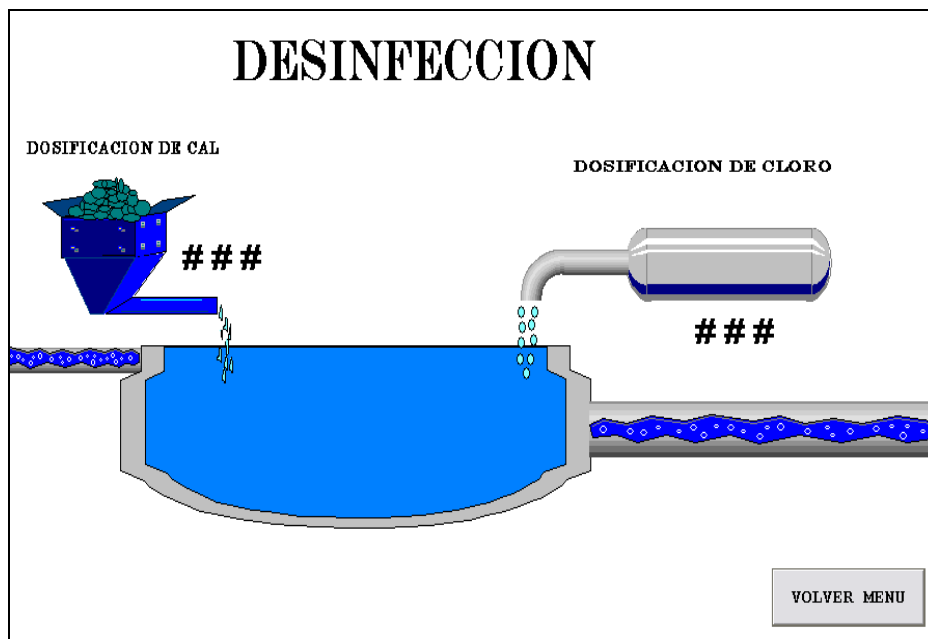


Figura 27: Pantalla del proceso de desinfección

Finalmente, es necesario tener control y monitoreo constante en tiempo real sobre el producto obtenido que es agua potable. En la Figura 29 se puede ver el comportamiento del agua tratada o potable en los dos tanques de almacenamiento; en ellos se mide el nivel de agua, variable importante para evitar que se rebozen los tanques o que se queden vacíos (situaciones no recomendables o de casos especiales). Por ser el producto final es necesario poder ver el comportamiento del pH y color, variables que deben permanecer en valores determinados para garantizar la calidad del agua que se entregará a la comunidad. Por último, tenemos la medición del caudal de salida necesario para saber la cantidad de agua que se entrega por segundo a la comunidad.

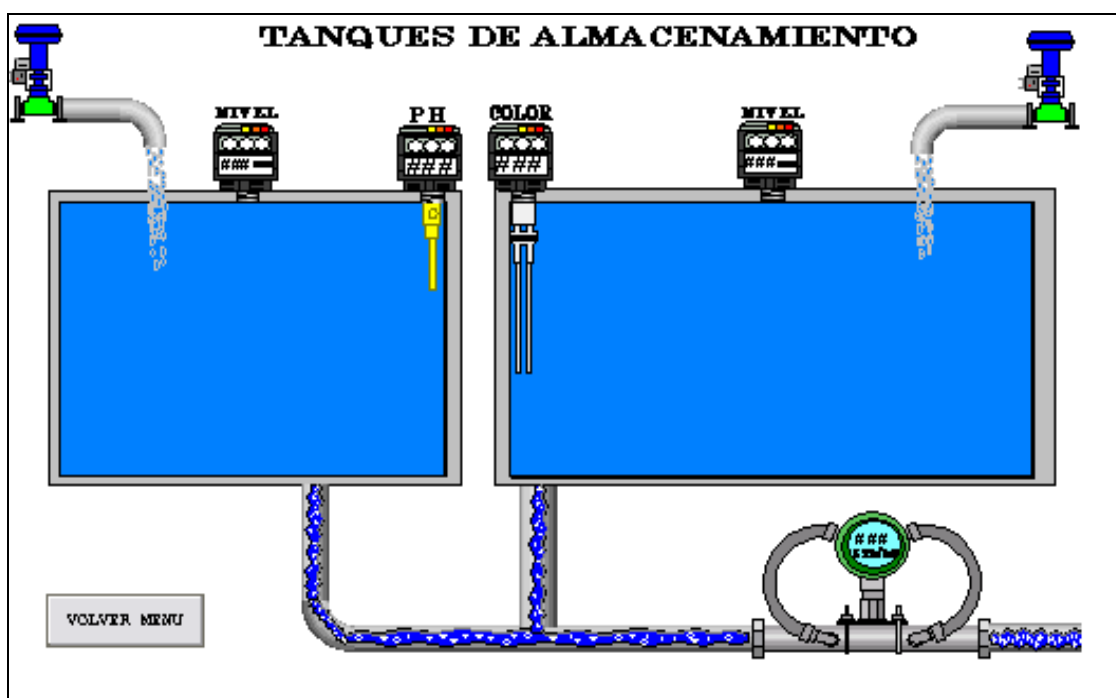


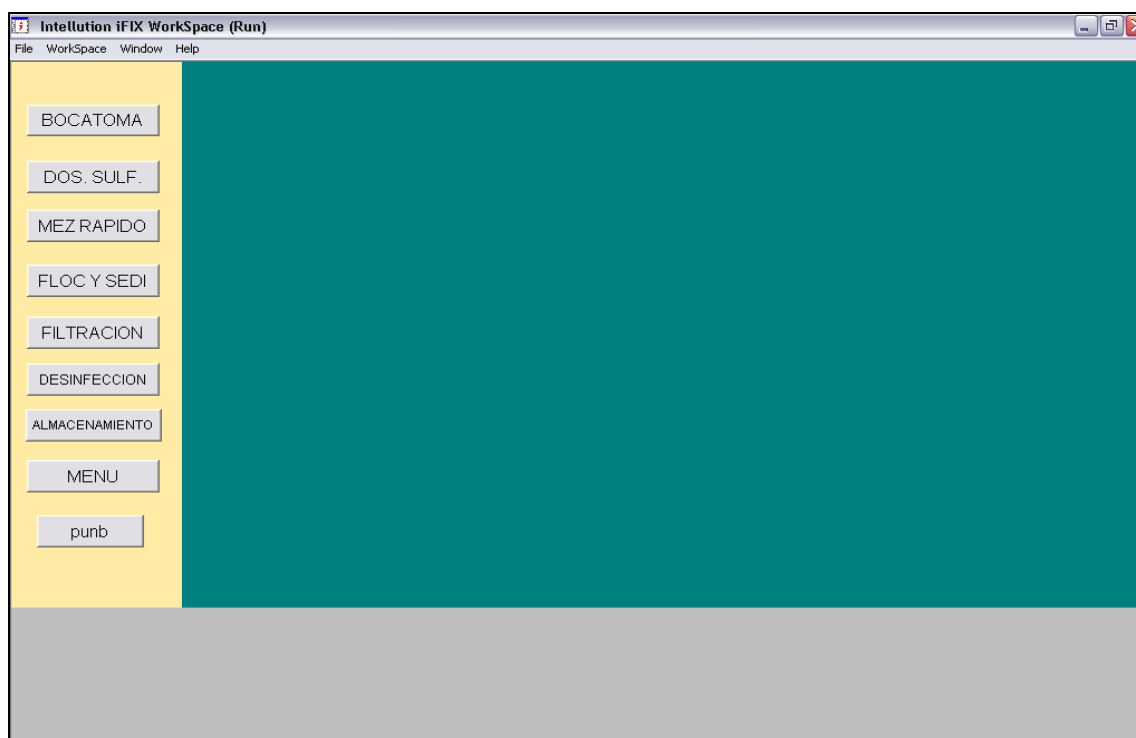
Figura 28: Tanques de almacenamiento de agua potable.



## 2.2.2 Sistema de control y supervisión de la planta del Tulcán

El sistema SCADA de esta planta está simulado en la herramienta software iFIX™ de Intellution. Todos los datos y los comportamientos simulados presentes en todo el sistema de supervisión son basados en los rangos y comportamientos reales de cada variable dentro de la planta de tratamiento de agua de Tulcán. En la

Figura 29 se puede ver la pantalla de inicio donde se encuentra el menú de toda aplicación, y al igual que en la del tablazo también posee botones para acceder a cada etapa del proceso, las cuales aparecen sobre la parte verde de esta pantalla. Cabe mencionar que la planta de Tulcán es mucho más pequeña que la del Tablazo.

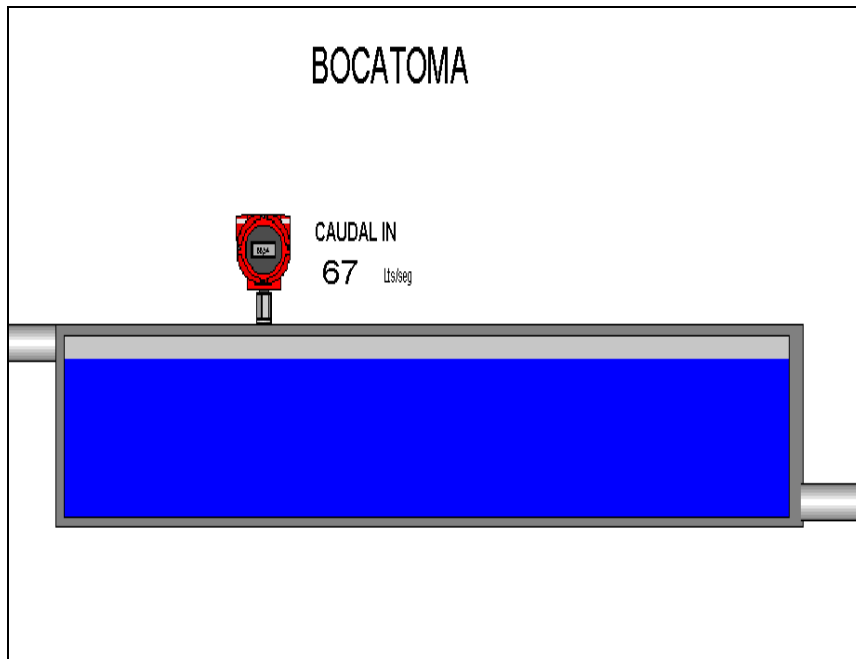


**Figura 29: Pantalla principal o de menú.**

A continuación se presentarán de forma particular y brevemente cada pantalla a la cual se puede acceder desde el menú. En la

Figura 30 se observa la etapa del proceso llamada bocATOMA (etapa que se desarrolla lejos de la planta de tratamiento) donde la parte fundamental es ver

el comportamiento del caudal de agua que se toma del río; este valor es indispensable para saber si con él se cumple la demanda necesaria de agua.



**Figura 30: Diagrama de la Bocatoma**

En la

Figura 31 se puede observar la etapa del proceso donde se realiza la dosificación del sulfato de aluminio (agente decantador); en esta pantalla vemos el comportamiento de la cantidad de sulfato que se adhiere por segundo al agua cruda y también se observa los valores en tiempo real del pH y caudal de entrada de agua cruda a la planta.

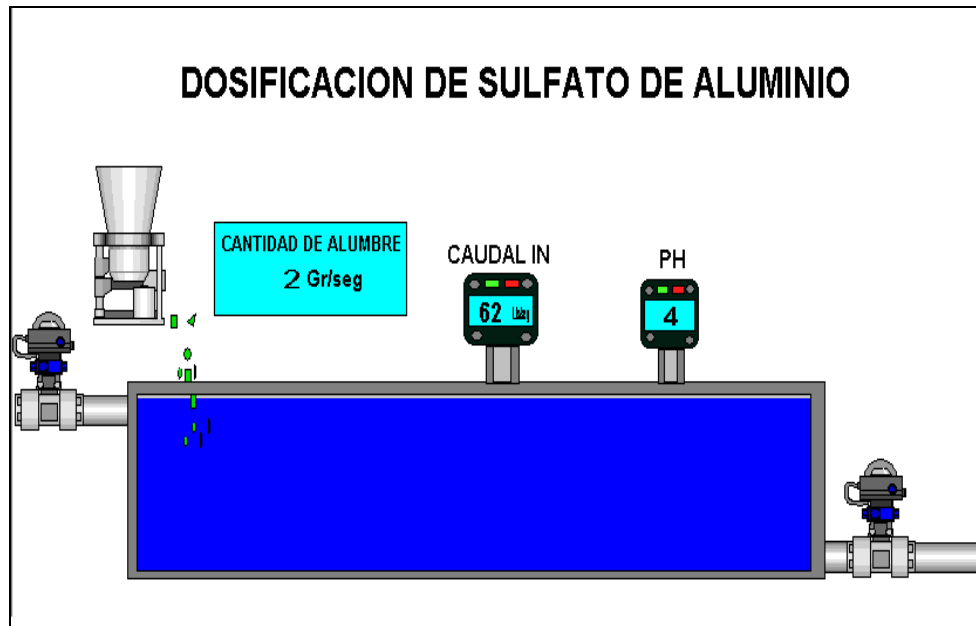
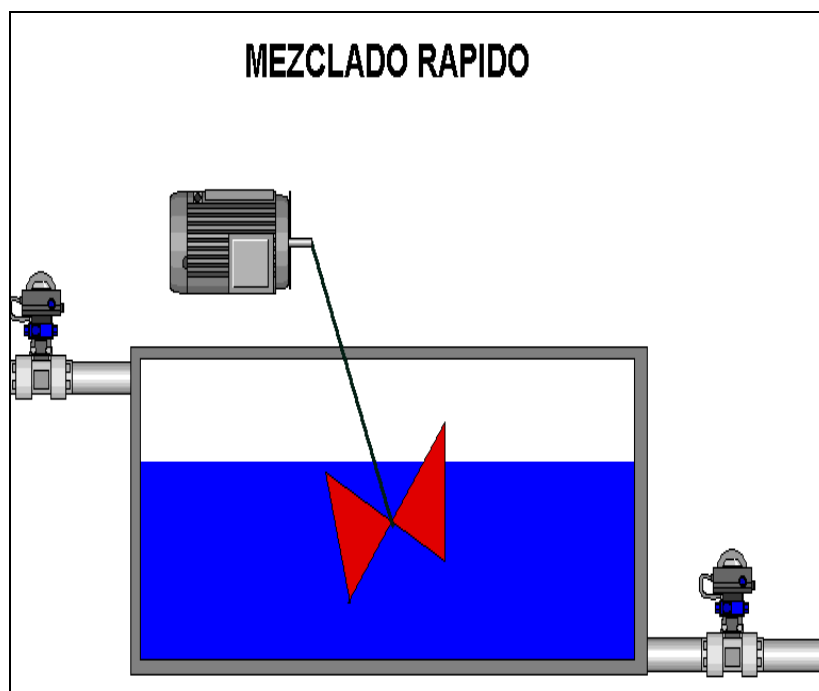


Figura 31: Etapa de dosificación de sulfato de aluminio.

En cualquier momento se puede cerrar el proceso actual y cargar la pantalla de la etapa que se desee del proceso.

En la

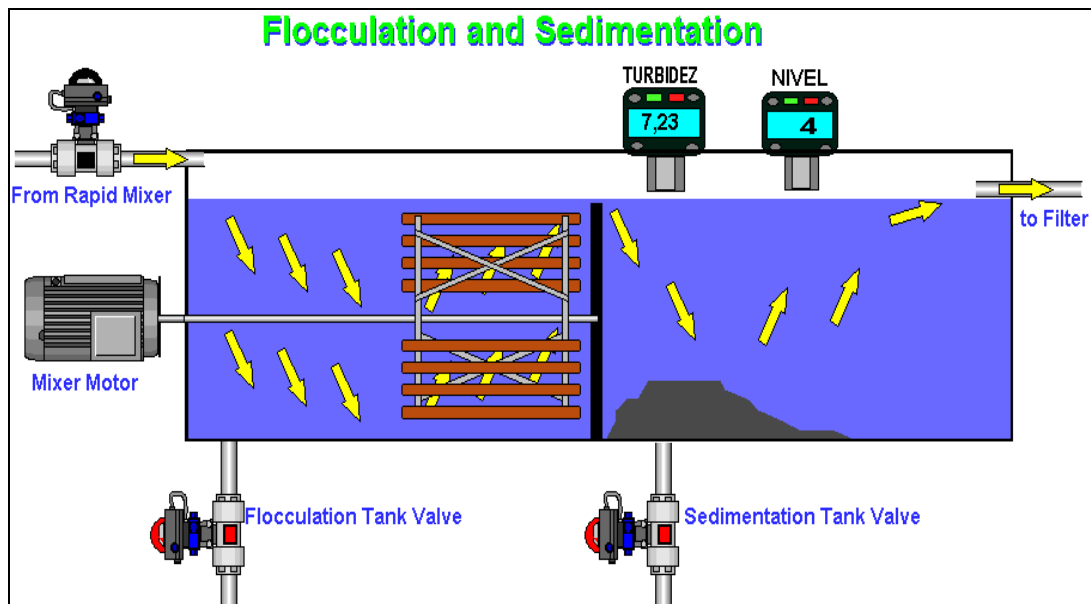
Figura 32 se muestra la etapa de mezclado rápido.



**Figura 32: Cámara de mezclado rápido**

La

Figura 33 muestra la etapa de floculación; en esta pantalla se puede observar el comportamiento de la medición turbidez del agua y nos muestra la pantalla de la etapa de sedimentación; en ella se puede ver el comportamiento del nivel en el tanque de sedimentación, variable importante ya que el nivel debe estar por encima de una medida para que el agua pueda pasar de esta etapa a la filtración.



**Figura 33: Etapa de floculación y sedimentación.**

En la

Figura 34. Se presenta una pantalla donde el operario puede controlar el funcionamiento de cada filtro de la planta, además de tener la posibilidad de activar el proceso de lavado de cada filtro.

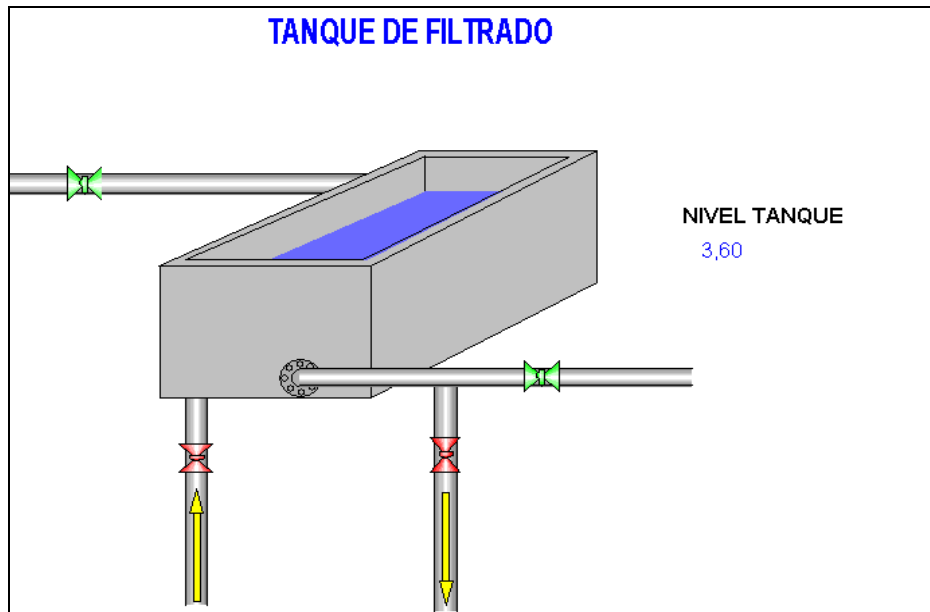
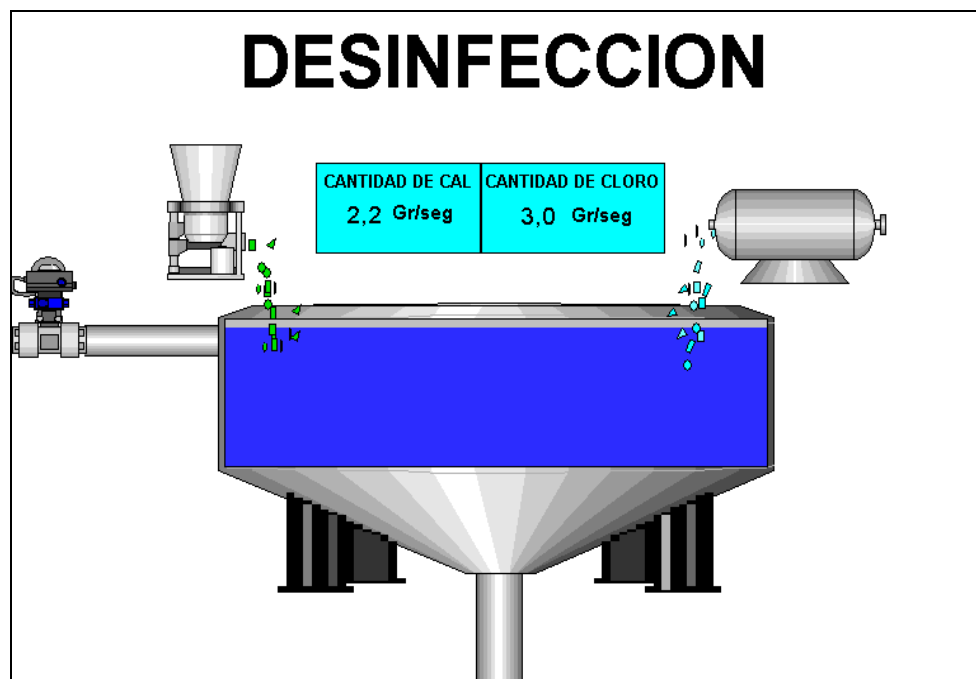


Figura 34: pantalla de control de los filtros de arena.

La

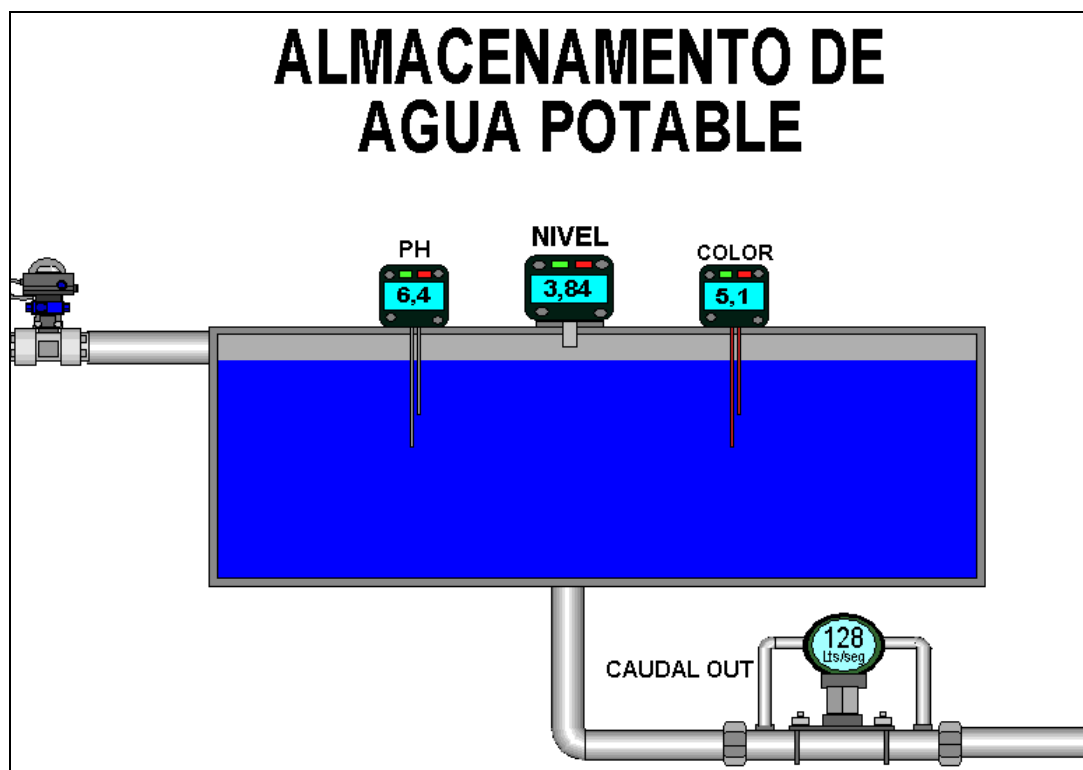
Figura 35 permite apreciar las animaciones del proceso de desinfección; en ella se observa el comportamiento de la cantidad de cloro y cal que se le agrega al agua cada segundo para desinfectarla y para que esté en condiciones de calidad óptimas para el consumo humano.



**Figura 35: etapa de desinfección del agua.**

Por último, se llega a la etapa de almacenamiento, donde es necesario tener control y monitoreo constante y en tiempo real sobre el producto final que es el agua potable. En la

Figura 36 observamos el comportamiento del agua tratada o potable en el tanque de almacenamiento; en él se ve el nivel de agua que posee, variable importante para evitar que se rebose el tanque o que se quede vacío (situaciones no recomendables o sólo deseables en casos especiales). Por ser el producto final es necesario poder ver el comportamiento del pH y color, variables que deben permanecer en valores determinados para garantizar la calidad del agua que se entregará a la comunidad. Por último, se tiene la medición del caudal de salida necesario para saber la cantidad de agua que se entrega por segundo a la comunidad.



**Figura 36: Tanque de almacenamiento de agua potable.**



### 3 ANEXO C

El siguiente cuestionario fue realizado para la extracción de conocimiento del proceso productivo de la planta de tratamiento de agua potable; a continuación podemos encontrar las preguntas de la encuesta y posteriormente el análisis de las respuestas dadas por los operarios de las plantas de tratamiento de El Tablazo y de Tulcán.

#### 3.1 CUESTIONARIO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

El siguiente cuestionario es realizado con el fin de conocer más sobre el proceso de potabilización de agua, analizando y evaluando la información recolectada para ver modos de operación y las dificultades que se presentan durante el proceso de tratamiento de agua; por tal motivo es de vital importancia la información que ustedes como empleados u operarios de la empresa nos puedan suministrar para el planteamiento de soluciones y desarrollo de mejoras a dicho proceso que nos lleven a tener una empresa eficiente, viable y sostenible.

#### Introducción

1. Empresa: \_\_\_\_\_
2. Nombre: \_\_\_\_\_
3. Cargo: \_\_\_\_\_
4. Lugar de trabajo: \_\_\_\_\_



5. Horario de trabajo: \_\_\_\_\_

**Variables del proceso: nivel, turbiedad, caudal, filtros, dosificación, válvulas y captación**

6. ¿Cuáles son sus funciones en el cargo que desarrolla dentro de la empresa?

7. ¿Cree usted que la forma como se desarrolla el proceso de potabilización de agua en la planta es?:

- a) excelente
- a) bueno
- a) regular
- a) malo

8. ¿Qué partes o etapas del proceso de potabilización de agua tiene a su cargo?

9. De acuerdo con las etapas que están a su cargo, ¿cuál cree usted que presenta los más grandes inconvenientes para su desarrollo?

10. Explique brevemente ¿cuáles son las dificultades que se presentan en dicha etapa?

11. Cree usted que esas etapas pueden ser mejoradas

- si
- no

12. ¿Cómo cree que estas etapas pueden ser mejoradas?

13. En su concepto, ¿qué otras etapas dentro del proceso de potabilización presentan dificultades? Y ¿por qué?

14. ¿Qué hace falta para mejorar esas etapas?

15. Enuncie los instrumentos que le facilitan la supervisión y control de cada una de las etapas del proceso de potabilización.

16. ¿Qué datos y de qué tipo, presentan los instrumentos mencionados anteriormente?

17. ¿Estos instrumentos le ayudan a ver de forma más clara y fácil información o datos sobre el comportamiento del proceso? Y ¿por qué?

18. En la planta de tratamiento hay un computador donde se ve el comportamiento del proceso, diga el nombre del software que realiza dicho proceso \_\_\_\_\_

19. Para usted, ¿qué hace dicho software? \_\_\_\_\_

20. El software en su manejo es:

- a) excelente
- a) bueno
- a) regular
- a) malo

21. La información que el software le entrega es:

- a) Clara
- a) Precisa
- a) Importante
- a) Oportuna
- a) Sirve para tomar decisiones

22. ¿Qué datos o información del proceso sería necesario conocer que no son entregados por un software, o por un instrumento?

### **Mantenimiento**

23. ¿Cómo se realiza el mantenimiento de la planta?
24. De uno a diez, califique el mantenimiento de la planta.  
\_\_\_\_\_
25. ¿Cada cuánto tiempo se le realiza mantenimiento a la planta de tratamiento, o, a cada una de las etapas del proceso de potabilización?
26. ¿Cómo se podrían mejorar los mantenimientos?

### **Limpieza planta**

27. ¿Cada cuánto se le hace aseo a la parte de la planta en la que usted labora? \_\_\_\_\_
28. ¿Cree usted que cada cuánto tiempo se le debería realizar el aseo a su lugar de trabajo? \_\_\_\_\_
29. Necesita usted de algún instrumento, químico, personal, que le ayuden a mejorar el aseo en su lugar de trabajo?

### **Plan de contingencia**

30. ¿Qué tipos de emergencia se pueden presentar en su lugar de trabajo?
31. ¿Qué mecanismo le avisa que hay una emergencia?
32. ¿Qué debe hacer cuando se presente cada una de las emergencias?
33. Lo que debe hacer en caso de emergencia se basa en:

- a) Su criterio
- b) El criterio de la empresa

### **Equilibrio industrial**

- 34. ¿Qué equipos de seguridad posee usted en la empresa?
- 35. ¿Considera que le hace falta algún otro equipo de seguridad?
- 36. Por último, ¿cree usted que es necesario agregar algún comentario o sugerencia para todos los aspectos del proceso de potabilización?

## **3.2 ANÁLISIS CUESTIONARIO PLANTA TABLAZO**

### **Análisis pregunta 6.**

Funciones que tiene a cargo cada uno de los operarios que intervienen en el desarrollo o en el modo de operación tanto de la planta del Tablazo.

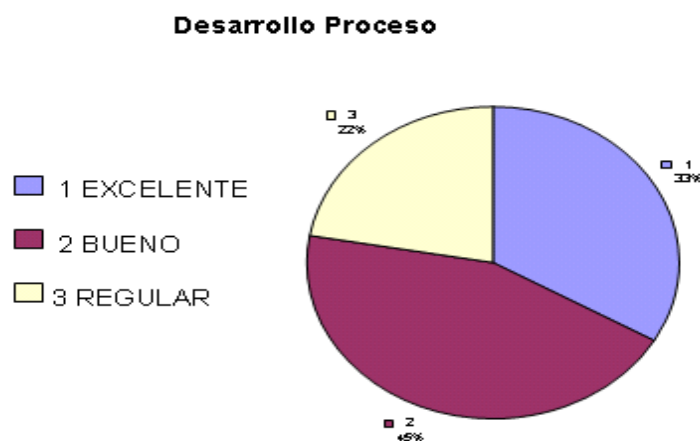
- Supervisión y maniobras sobre válvulas de entrada y salida de agua
- Proceso de medición de pH, turbidez, color y alcalinidad
- Dosificación de sulfato (cargar la tolva con sulfato de alumbre)
- Supervisar el proceso de mezclado y floculado
- Supervisión del proceso de sedimentación (limpieza periódica de los sedimentadores)
- Activación y bloqueo de filtros
- Limpieza de filtros
- Cargar cilindros de cloro para la desinfección del agua
- Cargar cal en la tolva de dosificación
- Supervisar el pH, turbidez, el color, la alcalinidad y nivel de cloro en el agua que ya está tratada en los tanques de almacenamiento.

- Supervisar el nivel de cada tanque de almacenamiento de agua tratada
- Llenar el diario en el computador con los datos medidos en el proceso constantemente
- Tomar decisiones según los datos medidos
- Realizar el aseo a los lugares de trabajo.

### **Análisis pregunta 7.**

La forma como los operarios evaluaron el modo como se desarrolla el proceso de potabilización en la planta fue de la siguiente manera (ver Figura 37):

Operarios encuestados: 9. De los cuales 3 expresaron que el proceso era excelente, 4 que era bueno y 2 que era regular



**Figura 37: Diagrama de torta para la visión de los operadores sobre el desarrollo del proceso**

### **Análisis pregunta 8.**

Después de preguntarles a los operarios sobre las etapas en las que se divide el proceso, se llegó a la conclusión que para ellos existen las siguientes etapas:

- Bocatoma

- Oxigenación
- Dosificación
- Mezclado rápido
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección
- Bombeo
- Almacenamiento

### Análisis pregunta 9.

En el reconocimiento de las etapas, se procedió a averiguar cuál o cuáles de ellas son las que se desarrollan con mayores dificultades sin discriminar las causas de las mismas. La

Figura 38 muestra los resultados en materia del aspecto evaluado.

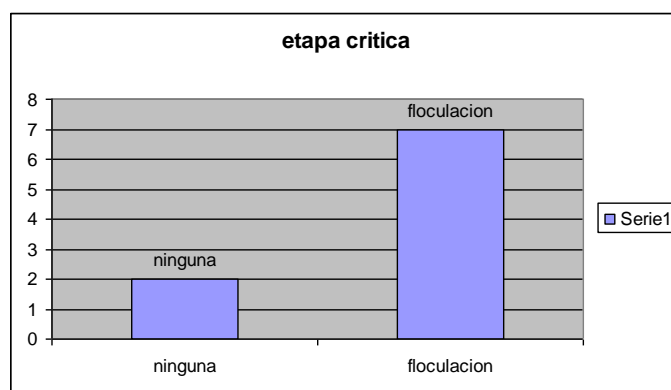


Figura 38: Diagrama de barras que describe cual es la etapa con más problemas.

**Floculación:** El problema con esta etapa en general es que parece que la entrada de agua a los mezcladores y posteriormente a los 4 floculadores no está bien diseñada, debido a que no entra la misma cantidad de agua a cada uno de ellos y no se produce correctamente el “floc”; por lo tanto, no

se logra el objetivo de limpiar el agua de todas las impurezas haciendo que el agua pase más sucia y obligando a que los filtros de arena se ensucien más

### Análisis pregunta 10.

Los operarios y administrativos, al indagar si para ellos es posible mejorar esta etapa, respondieron de la siguiente manera mostrada en la

Figura 39; cabe resaltar que las respuesta de no corresponden a los operarios que dijeron que no había ninguna etapa con dificultad (respuesta dada por ellos tal vez por miedo a criticar la planta donde laboran).

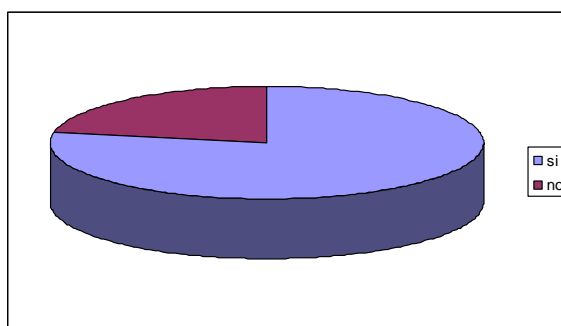


Figura 39: Diagrama de torta para saber si la etapa con dificultades se puede mejorar.

### Análisis pregunta 11.

En esta parte los operarios coinciden todos en decir que puede ser mejorada mediante un rediseño o una adecuación de la etapa basada en un estudio de ingeniería sobre la mejor forma de operación (ver

Tabla 1).

OPERACIONES	DIFICULTADES	MEJORAS
Medición de caudal de	No se sabe bien la cantidad de	Calibración de cada

entrada	agua que entra en la planta, por que los medidores no están calibrados	instrumento para medir caudal en la entrada
Montaje de cilindro de cloro	No tienen el aparato adecuado para el montaje de el cilindro que contiene el cloro y que pesa como 2 toneladas	Consecución de una máquina que cargue el cilindro y lo baje
Sedimentación	No es buena la forma como pasa el agua de esta etapa a los filtros, está permitiendo que pasen muchos flocs a los filtros	Rediseño mediante un estudio de ingeniería
Dosificación sulfatos	Se apaga la máquina dosificadora cuando hay una baja de tensión y es necesario que no se apague por ningún motivo mientras esté dosificando	Rediseño mediante un estudio de ingeniería

**Tabla 1: Tabla de descripción de otras etapas y sus dificultades.**

### **Análisis pregunta 12.**

Al realizar preguntas lo operarios sobre los Instrumentos que hay en la planta y que le ayudan a realizar de forma más fácil las mediciones de variable o le ayudan a controlar la operación del proceso se encontraron los resultados presentados en Tabla 2.

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>DATOS</b>
pH, turbidez, color y alcalinidad en laboratorio	Para saber qué cantidad de sulfato se le adhiere a el agua	Numérico
Regleta	Para saber el caudal de entrada	Numérico
Computador	Se visualiza datos de nivel , del estado de algunas válvulas y bombas, caudales de entrada y salida, pH turbidez y cloración en el tanque de almacenamiento	Numérico

**Tabla 2: Instrumentos presentes en la planta que ayudan a medir variables**

### **Análisis pregunta 13.**

La opinión de los operarios de las plantas de tratamiento sobre los instrumentos que les ayudan a ver las variables del proceso no es muy buena, debido a que en el caso de los instrumentos manuales como las pruebas de



jarras son confiables pero no son oportunos y en el caso de los instrumentos digitales (PC y sensores) son oportunos mas no son confiables sus medidas (instrumentos descalibrados) (ver Tabla 3).

SOFTWARE	PROCESOS	INFORMACIÓN
	Registra los caudales de entrada y salida de la planta, pH, alcalinidad y turbidez, niveles en los tanques de almacenamiento. Accionamiento de filtros y bombas.	la información que se presenta es clara , oportuna, tiene mucha importancia, le serviría para tomar decisiones, sin embargo, no es precisa por que los instrumentos no están calibrados

**Tabla 3: Visión de los operarios de lo que realiza el software industrial del computador en la planta**

#### **Análisis pregunta 14.**

Los datos que los operarios expresaron que son necesarios conocer de forma más rápida y que no son mostrados por ningún otro instrumento, además de ser difícil medirlos, demorado conocer su valor, su comportamiento mediante otros procesos manuales o de laboratorio y los cuales son de vital importancia para mejorar la operación del proceso de potabilización de agua, son:

- Caudal de entrada: éste por que no están calibrados los instrumentos.
- pH, turbidez, alcalinidad y color: en la entrada para calcular la cantidad de sulfato a dosificar.

4. En la Tabla 4 se puede apreciar el tipo de mantenimiento realizado en la planta.

TIPO DE MANTENIMIENTO	PROCESOS	PERIODICIDAD	POSIBLES MEJORAS
CORRECTIVO	En todos las etapas del proceso porque no se tiene un esquema o un cronograma de	Es cada que se daña algo o cada que algo ya no opera bien.	Realizar un cronograma donde se estipule las fechas de último mantenimiento y

	programación de mantenimiento.		programación del próximo según la etapa o el instrumento.
--	--------------------------------	--	-----------------------------------------------------------

**Tabla 4: Tipo de mantenimiento que según los operarios se realiza en la planta**

### Análisis pregunta 15.

En cuanto a la limpieza en la planta, los trabajadores dicen que es buena ya que ésta depende del estado del clima; si estamos en verano el aseo se realiza cada mes como máximo y si estamos en invierno se realiza cada 15 días como máximo.

### Análisis pregunta 16.

En cuanto a las emergencias que creen o que tiene en cuenta los operarios que pueden llegar presentarse en el desarrollo del proceso, se identificaron las mostradas en Tabla 5.

TIPO DE EMERGENCIA	ALARMAS	PLAN DE CONTINGENCIA	EXISTENCIA DE MANUAL
Instalación del cilindro de cloro	No hay	Actuar con si se puede controlar por ellos mismos y si es muy delicado llamar a una entidad especializada	No hay
Daños eléctricos	No	Si son internos llamar al eléctrico de la empresa y si son externos llamar a la empresa prestadora de servicios	No hay
Bombeo hacia el norte	No	Llamar al técnico que para que revise las bombas	No
Falta de agua en la bocatoma	No	Llamar por radio a la planta para cerrar estar preparados	No hay

**Tabla 5: Emergencias que pueden presentarse en el desarrollo del proceso.**

### Análisis pregunta 17.

Equipos de seguridad con que cuentan los operarios de la planta de tratamiento de agua del tablazo.

- Gafas
- Guantes
- Overol
- Botas de caucho y de cuero
- Linterna
- Audífonos
- Cinturón para levantar objetos pesados.
- Radio
- Tapa boca
- Casco

### Análisis pregunta 18.

A continuación se presenta una grafica de los equipos de seguridad que hacen falta según los operarios en la planta para que no se vea en riesgo la integridad de cada uno y la de la planta misma (ver Figura 40).

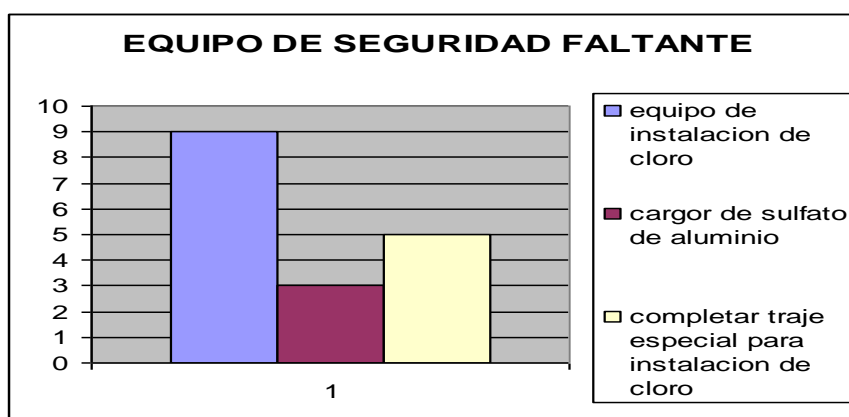


Figura 40: Diagrama de barras de equipos faltantes en la planta

### Análisis pregunta 19.

A continuación se presentan las sugerencias dadas por los operadores para mejorar el funcionamiento y desarrollo del proceso.

- Más personal para trabajar el fin de semana en los turnos, ya que es importante que los trabajadores se sientan respaldados cuando se necesita realizar alguna acción sobre el proceso.
- Techo en los pasillos para que los operarios trabajen mejor en la planta cuando estamos en invierno y es peligroso.
- Terminación de las obras de los diferentes tanques donde se trata o almacena el agua.
- Capacitaciones más frecuentes a los trabajadores sobre las últimas técnicas para el tratamiento de la planta y sobre acciones en situaciones de riesgo.

### **3.3 ANÁLISIS CUESTIONARIO DEL NIVEL OPERATIVO PLANTA DE TULCAN**

#### **Análisis pregunta 6.**

Funciones que tiene a cargo cada uno de los operarios que intervienen en el desarrollo o en el modo de operación de la planta de Tulcán.

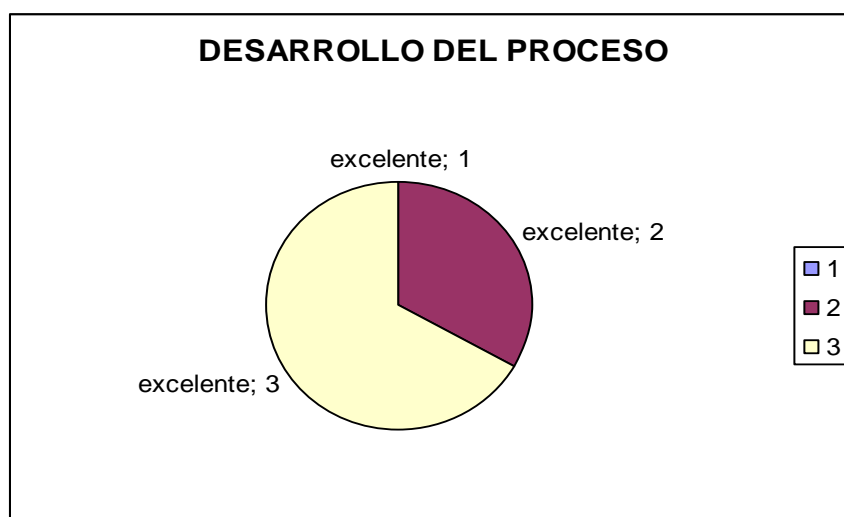
- Supervisión y maniobras sobre válvulas de entrada y salida de agua
- Proceso de medición de pH, turbidez, color y alcalinidad
- Dosificación de sulfato (cargar la tolva con sulfato de alumbre)
- Supervisar el proceso de mezclado y floculado
- Supervisión del proceso de sedimentación (limpieza periódica de los sedimentadores)
- Activación y bloqueo de filtros

- Limpieza de filtros
- Cargar cilindros de cloro para la desinfección del agua
- Cargar cal en la tolva de dosificación
- Supervisar el pH, turbidez, el color, la alcalinidad y nivel de cloro en el agua que ya está tratada en los tanques de almacenamiento.
- Supervisar el nivel de cada tanque de almacenamiento de agua tratada
- Tomar decisiones según los datos medidos
- Realizar el aseo a los lugares de trabajo.

### **Análisis pregunta 7.**

La forma como los operarios evaluaron el modo como se desarrolla el proceso de potabilización en la planta fue de la siguiente manera (ver Figura 41):

Fueron encuestados 3 operarios. De los cuales 2 expresaron que el proceso era bueno y 1 que era regular.



**Figura 41: Diagrama de torta para la visión de los operadores sobre el desarrollo del proceso**

### **Análisis pregunta 8.**

Después de preguntarles a los operarios sobre las etapas en las que se divide el proceso, se llegó a la conclusión que para ellos existen las siguientes etapas:

- Captación en bocatoma
- Oxigenación
- Dosificación
- Mezclado rápido
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección
- Almacenamiento

### **Análisis pregunta 9.**

La etapa con mayor dificultad es la etapa de almacenamiento de agua tratada.

### **Análisis pregunta 10.**

Reconocimiento de las etapas; se procedió a averiguar cuál de ellas o cuáles son las que se desarrollan con mayores dificultades sin discriminar las causas de las mismas. Sin embargo, se muestra que la que posee las dificultades es almacenamiento.

**Almacenamiento:** el problema en esta etapa es en general la imposibilidad para tener un control continuo sobre el nivel de agua en cada tanque de almacenamiento por varias circunstancias como lo son: los tanques están retirados de la planta unos 250 a 300 metros. Los tanques no tienen un sistema o un medidor que les diga en la planta cuál es nivel, en las noches no hay alumbrado público y al ser una zona roja es muy peligroso el desplazamiento constante de los operarios y hay solo un operario por turno y la planta no se puede dejar sola.

### **Análisis pregunta 11.**

Los operarios y administrativos llegaron al consenso que esta etapa es susceptible de mejoras.

### **Análisis pregunta 12.**

Esta etapa coinciden todos en decir que puede ser mejorada mediante un rediseño o una adecuación de la etapa basada en un estudio de ingeniería sobre la mejor forma de operación.

### **Análisis preguntas 13 y 14.**

En la Tabla 6 se observan las etapas que los operarios opinaron que tienen dificultades.

<b>ETAPA</b>	<b>DIFICULTADES</b>	<b>MEJORAS</b>
Medición de caudal de entrada y salida de la planta	No se sabe cuál es la cantidad de agua que ésta entrando a la planta, ni tampoco la que está saliendo, se trabaja bajo un supuesto	Implementar un sistema de medición o calibrar el que está en la entrada de agua a la planta
Entrada de agua en la bocatoma	No se sabe cuánta agua se toma del río y por la cual se paga al gobierno, es crítico porque en el transporte del agua a la planta los habitantes desvían el agua para su uso personal y por esa agua el acueducto paga	Un sistema de medición en la bocatoma para que al tener la medida en la entrada a la planta se conozca cuál es en verdad la cantidad de agua que usa el acueducto.
Dosificación sulfatos	Se apaga la máquina dosificadora cuando hay una baja de tensión y es necesario que no se apague por ningún motivo mientras este dosificando	Rediseño mediante un estudio de ingeniería

**Tabla 6: Tabla de descripción de otras etapas y sus dificultades.**

### **Análisis preguntas 15 y 16.**

En la Tabla 7 se presentan los instrumentos que se encuentran en la planta de Tulcán.

ETAPA	IMPORTANCIA	DATOS
pH, turbidez, color y alcalinidad en laboratorio	Para saber cuánto de sulfato se le adhiere a el agua	Numérico
Regleta	Para saber el caudal de entrada	Numérico

**Tabla 7: Instrumentos presentes en la planta que ayudan a medir variables**

### **Análisis pregunta 17.**

Si dejan ver de forma clara, pero por ejemplo en la pruebas en laboratorio es un poco demorado y el sistema de medir caudal con la canaleta parshall no se sabe si está bien calibrado.

### **Análisis preguntas 18, 19, 20 y 21.**

Debido a que la planta de Tulcán no cuenta con un sistema de supervisión, entonces esta pregunta no aplica para este caso.

### **Análisis pregunta 22.**

Los datos que se requieren conocer son los siguientes:

- Caudal de entrada y salida: no hay instrumentos para medirlos y se trabaja con valores supuestos.
- Niveles de agua en los tanques de almacenamiento.
- Caudal en la bocatoma.
- pH, turbidez, alcalinidad y color en la entrada de la planta para poder calcular la cantidad de sulfato a dosificar.
- pH, turbidez, alcalinidad y color en la salida de la planta para saber la calidad del agua que se está entregando a la comunidad

### **Análisis preguntas 23, 24, 25 y 26.**



La Tabla 8 presenta el tipo de mantenimiento, periodicidad y posibles mejoras identificadas por los operarios.

TIPO DE MANTENIMIENTO	PROCESOS	PERIODICIDAD	POSIBLES MEJORAS
CORRECTIVO	En todos las etapas del proceso porque no se tiene un esquema o un cronograma de programación de mantenimiento.	Es cada que se daña algo o cada que algo ya no opera bien.	Realizar un cronograma donde se estipule las fechas de último mantenimiento y programación del próximo según la etapa o el instrumento.

**Tabla 8: Tipo de mantenimiento que según los operarios se realiza en la planta**

### **Análisis preguntas 27, 28, y 29.**

En cuanto a la limpieza los trabajadores dicen que es buena ya que ésta depende del estado del clima; si estamos en verano el aseo se realiza cada mes como máximo y si estamos en invierno se realiza cada 15 días como máximo.

### **Análisis preguntas 30, 31, 32 y 33.**

En la Tabla 9 se observa las condiciones de emergencia y sus características según los operarios.

TIPO DE EMERGENCIA	ALARMAS	PLAN DE CONTINGENCIA	EXISTENCIA DE MANUAL
Desbordamiento del agua tratada en el tanque de almacenamiento	No hay	Cerrar la válvulas de entrada en un porcentaje hasta que el tanque quede en un nivel deseado	No hay
Daños eléctricos	No	Si son internos llamar al eléctrico de la empresa y si son externos llamar a la empresa prestadora de servicios	No hay
Falta de agua en la	No	Llamar por radio a la	No hay

bocatoma		planta para cerrar estar preparados	
----------	--	----------------------------------------	--

**Tabla 9: Emergencias que pueden presentarse en el desarrollo del proceso.**

### **Análisis pregunta 34 y 35.**

A continuación se listan los equipos de seguridad con que cuentan los operarios de la planta de tratamiento de agua de Tulcán.

- Gafas.
- Guantes.
- Overol.
- Botas de caucho y de cuero.
- Linterna.
- Audífonos.
- Cinturón.
- Radio.
- Tapa boca.
- Casco.

### **Análisis pregunta 36.**

Capacitaciones más frecuentes a los trabajadores sobre las últimas técnicas para el tratamiento de la planta y sobre acciones en situaciones de riesgo.

## 4 ANEXO D

### 4.1 ESTANDAR ISA -88.04

La cuarta parte del estándar ISA 88 [48] está enfocada en los registros de producción. Dicha parte proporciona una descripción detallada de los registros de producción a través de un conjunto de diagramas de clase que siguen el contenido de dichos registros. El objetivo de esta parte del estándar es proporcionar un modelo de referencia para el desarrollo de aplicaciones que almacenen y/o intercambien registros de producción que permitan recuperar, analizar y generar reportes de los datos de producción seleccionados [59].

Aunque la parte 4 del estándar está enfocado, principalmente en procesos por lotes (*batch*), los modelos presentados pueden ser de gran valor para otros tipos de procesos [49].

De todos los modelos que presenta dicho estándar son de gran interés para el desarrollo de este trabajo los relacionados con el registro de los eventos, y datos del proceso generados por las herramientas de supervisión seleccionadas, así como también los asociados con la respuesta de producción, tal como se muestra en la Figura 42. Con base en lo anterior, a continuación se describirá los elementos que componen cada uno de dichos modelos, considerando las clases y atributos que puedan emplearse en procesos de naturaleza continua.

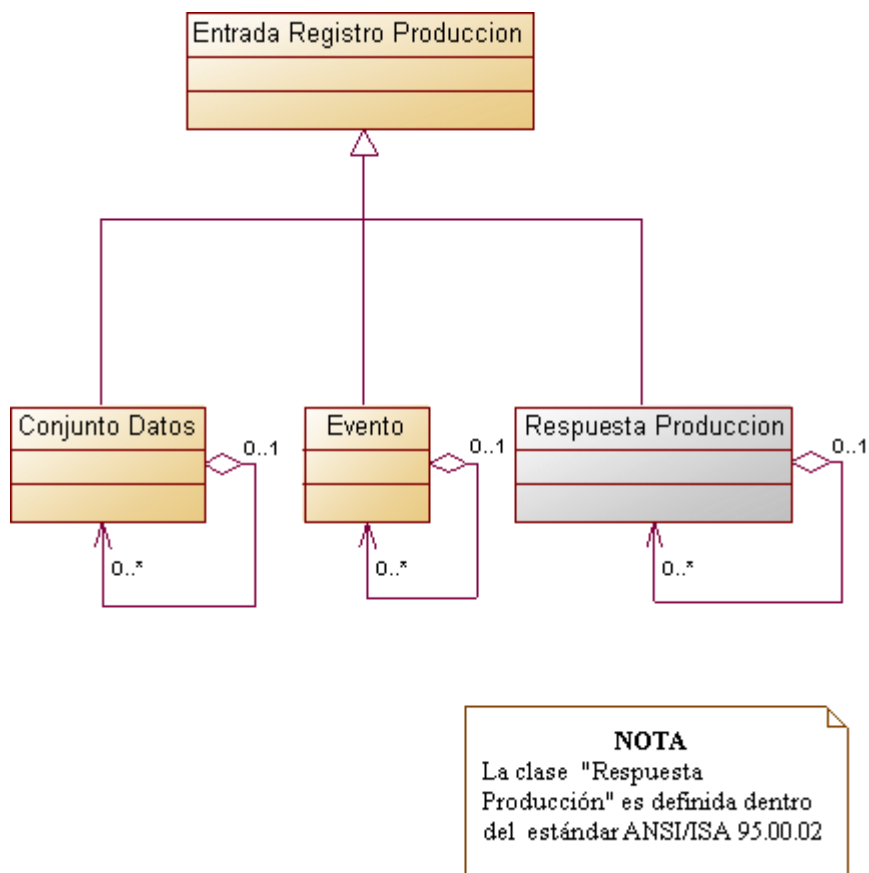


Figura 42: Elementos seleccionados del modelo del registro de producción

### 4.1.1 Entrada del registro de producción

Una entrada de registro de producción es una clase abstracta que se emplea para definir atributos comunes a otras clases que componen el registro de producción. La Tabla 10 define los atributos de la clase entrada del registro de producción.

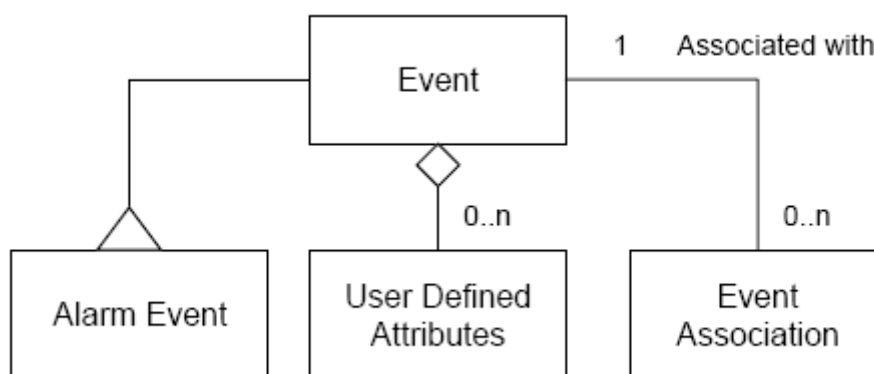
Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID Entrada	Identificador único dentro del ámbito del registro de producción.	CD001 EV001
Descripción	Información adicional acerca de la entrada	Los datos de la serie temporales están almacenados en la tabla de datos de históricos.
		Los sucesos ocurridos en la planta están almacenados en la tabla de

		eventos.
Referencia Externa	Referencia de la ubicación de los datos, en el caso de que sean almacenados externamente del registro de producción.  Nota 1: Si los datos están incluidos en el registro de producción por lotes este atributo no se emplea.	-
Tipo de Objeto	Identifica el tipo de objeto en que se basa la entrada.	Conjunto de Datos Evento
Fecha de Registro	La fecha registro asociada con la entrada.	2008-12-15 13:05:12 2008-12-09 09:12:30

**Tabla 10: Atributos de la clase entrada de registro de producción**

#### 4.1.2 Modelo de eventos

La Figura 43 presenta el modelo de eventos, el cual sirve de referencia para el registro de eventos y alarmas. El modelo también incluye la clase “Asociación Evento”, la cual constituye un medio para relacionar eventos entre sí, con el fin de que se pueda obtener una mayor información acerca de un suceso determinado.



**Figura 43: Modelo de Eventos ANSI/ISA-88.00.04**

#### 4.1.2.1 Clase evento

Un evento es un acontecimiento en el tiempo. La documentación y almacenamiento de un objeto evento puede realizarse en un registro de producción, cuando el evento tiene una importancia para la fabricación de un producto.

El estándar define diversos tipos y subtipos de eventos, los cuales abarcan la mayoría de acontecimientos presentes en un proceso. La Tabla 11 presenta los atributos de la clase evento.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Tipo de Evento	Define el tipo de evento.	Equipo
Subtipo de Evento	Define el subtipo de evento.	Cambio de Estado
ID de Equipo	Identificación del equipo asociado con el evento.  Nota 1: Esta es una referencia a un objeto específico dentro del modelo de equipos del sistema de control.	Filtro 1
		Bomba 2
Valor	El valor asociado con el evento	Lavando
		Activa
Valor Previo	El valor que presentaba el equipo, previo al cambio documentado por el evento.  Nota 2: Por ejemplo, cuando un <i>set-point</i> es modificado de 50.0 a 69.4. En este caso el atributo "Valor Previo" corresponde a 50.0 y el atributo "Valor" es 69.4.  Nota 3: Esto puede ser empleado para documentar cambios en el estado de los equipos como cuando el estado de un	Operando
		Desactivada

	tanque cambia de Sucio a Limpio.	
Mensaje de Texto	Texto que describe el evento	Inicio de lavado periódico del Filtro 1
		Cambio de estado de funcionamiento de la Bomba 2
ID de Personal	Identificación del personal asociado con el evento	Operador 2
ID de Computadora	Identificación única de la computadora donde se originó el evento.  Por ejemplo, puede ser un computador de propósito general, un controlador, o un instrumento de campo	Sistema de Control Central
Referencia al Elemento de Procedimiento	Referencia al elemento de procedimiento.  Es una indicación hacia un elemento de procedimiento, tal como una fase u operación.	Filtración
		Bombeo
Categoría	La categoría del evento.	Informativo

**Tabla 11: Atributos de la clase evento**

#### 4.1.2.2 Clase evento alarma

La Tabla 12 presenta los atributos de la clase evento alarma.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Evento alarma	Registra los diferentes eventos durante el ciclo de vida de una alarma.	Detección de Alarma
		Despejar Alarma
Limite Alarma	Valor que al ser excedido por una variable origina la alarma	3 Mts
		7 Mts
Tipo de Alarma	El tipo de alarma desde la perspectiva del proceso.	Alta

		Informativa
Prioridad	Indicación de la importancia del evento alarma.  Nota: El valor de este atributo y su interpretación depende de cada aplicación. Por ejemplo en una escala de 1 a 10, 10 puede representar el nivel más alto de prioridad.	10
		1

**Tabla 12: Atributos de la clase evento alarma**

#### 4.1.2.3 Clase asociación de eventos

Los objetos evento pueden asociarse mutuamente, ya sea a través de relaciones temporales (eventos ocurridos en un tiempo determinado) o entre equipos (eventos asociados a un mismo equipo). En este sentido, la clase asociación de evento constituye el mecanismo definido en el estándar ISA-88.04 para establecer dichas relaciones.

La Tabla 13 presenta los atributos de la clase asociación de eventos.

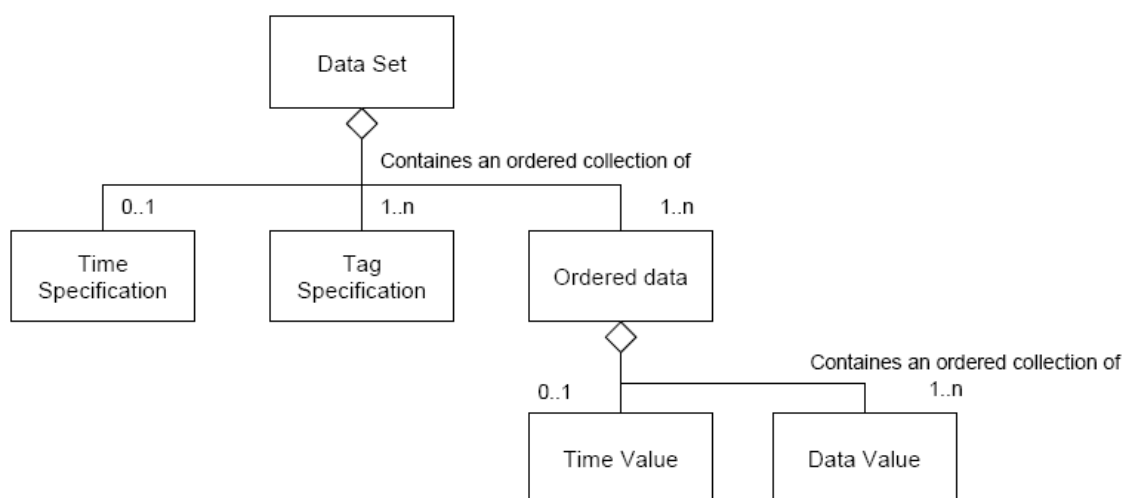
Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID de entrada asociada	Identificación del objeto evento asociado	EV002
Asociación	Descripción de la asociación	Falla de la Bomba

**Tabla 13: Atributos de la clase asociación de evento**

#### 4.1.3 Modelo de conjunto de datos

La Figura 44 muestra el modelo de conjunto de datos propuesto dentro del estándar ISA-88.04, el cual constituye una referencia para el registro de datos asociados al comportamiento de las variables durante la ejecución del proceso.





**Figura 44: Modelo de conjunto de datos ANSI/ISA-88.00.04**

#### 4.1.3.1 Clase conjunto de dato

La clase conjunto de dato permite agrupar un conjunto de etiquetas asociadas a las variables del proceso. Un objeto conjunto de datos representa un grupo de datos registrados en un intervalo dentro de una serie temporal<sup>1</sup> o una agrupación de datos correlacionados<sup>2</sup>.

La Tabla 14 presenta los atributos de la clase conjunto de datos.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Tiempo de Inicio	Fecha y hora de inicio del intervalo que comprende el conjunto de datos	2008-12-15 00 00:00
Tiempo de Finalización	Fecha y hora de finalización del intervalo que comprende el conjunto de datos	2008-12-15 23:59:00
Referencia al Sistema de Tendencia	Empleado para especificar la localización del sistema externo donde se almacenan los datos, si aplica.	-

**Tabla 14: Atributos de la clase conjunto de datos**

<sup>1</sup> Una serie temporal corresponde a un conjunto de datos, donde uno de sus elementos representa el tiempo y los restantes hacen referencia a los valores específicos de las etiquetas en dicho momento.

<sup>2</sup> Un conjunto de datos correlacionados se caracteriza por la carencia del elemento tiempo, como por ejemplo en una relación presión vs temperatura.

### 4.1.3.2 Clase especificación de tiempo

La clase especificación de tiempo define un conjunto de atributos que se aplican al elemento tiempo empleado en los objetos de la clase conjunto de datos.

La Tabla 15 indica los atributos de la clase especificación de tiempo.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Relativo	Indica si la especificación de tiempo es relativa o absoluta	ABSOLUTO
		RELATIVO
Ajuste	Si el tiempo es relativo, entonces el ajuste define el tiempo absoluto que puede agregarse al tiempo relativo para determinar el tiempo absoluto	-
		2008-12-13 10:00:00

**Tabla 15: Atributos de la clase especificación de tiempo**

### 4.1.3.3 Clase especificación de etiqueta

La clase especificación de etiqueta permite identificar de manera única una fuente de datos. La clase contiene la información para identificar la fuente y algún otro dato requerido para interpretar los valores de los datos.

La Tabla 16 Presenta los atributos de la clase especificación de etiqueta.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplos
ID de Fuente de Datos	Identificación de la fuente de los datos para el objeto.  Nota 1: Este atributo usualmente corresponde a un punto que genera datos, tal como el nombre de una etiqueta dentro de un sistema SCADA.	CAUDAL_ENT
		NIVEL_T1500
		PH_SAL
		DOSIF_CAL
Alias	ID alternativo utilizado como alias del ID de Fuente de Datos.	Caudal de entrada
		Nivel Tanque 2

		pH de Salida
		Dosis de cal
Descripción	Información adicional acerca de la fuente de datos.	Caudal de entrada a la planta de tratamiento
		Nivel en el tanque de almacenamiento de 1500Mts <sup>3</sup>
		Nivel de pH del agua en el agua tratada
		Valor instantáneo de cal dosificada
ID de Equipo	Referencia al equipo dentro de la jerarquía física de la planta.	Vertedero
		Tanque Almacenamiento #2
		Dosificador Cal
Referencia a Elemento de procedimiento	Referencia a un elemento de procedimiento.	Almacenamiento
		Desinfección
Unidad de Medición	Unidad de medición	Litros/Segundo
		Metros
		-
		Gramos/Segundo
Tipo de Dato	Tipo de dato	Entero
		Real
Dígitos significativos	Dígitos significativos empleados para recopilar y almacenar datos	E4
		R2.2

**Tabla 16: Atributos de la clase especificación de etiqueta**

#### 4.1.3.4 Clase dato ordenado

La clase dato ordenado actúa como un contenedor para los valores de los datos, por lo que dicha clase no posee atributos.

#### 4.1.3.5 Clase valor de dato

La clase valor de dato define el valor de una etiqueta. La

Tabla 17 presenta los atributos de la clase valor.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplos
Valor	Valor del dato	678
		4.5
Calidad	Índice de la ausencia o presencia de problemas asociados a la recopilación del valor del dato.  Nota 1: Los índices de calidad estándar no son definidos como parte del estándar	Buena
		Incierta
		Mala

**Tabla 17: Atributos de la clase valor de dato**

#### 4.1.3.6 Clase valor de tiempo

La clase valor de tiempo define el tiempo asociado a los valores de los datos (instante de registro). La

Tabla 18 el atributo que posee dicha clase.

Nombre	Descripción	Ejemplos
Fecha de Registro	Fecha de registro (absoluta o relativa) asociada a los valores de los datos dentro del mismo contenedor de datos de tags	2008-12-15 13:25:32

**Tabla 18: Atributos de la clase valor de tiempo**

## 4.2 Estándar ISA 95

El estándar ISA 95 comprende un conjunto de modelos conceptuales que representan cada una de las categorías de información que se pueden intercambiar dentro de una empresa de manufactura [48]. Dichos modelos están descritos empleando una forma simplificada de los diagramas de clase en notación UML, que muestra estructura estática de cada categoría de información, y presentan de una manera clara cuáles son los elementos básicos de información que contiene cada categoría y las relaciones entre dichos elementos [49].

El estándar define cuatro categorías, que de manera general contienen la información acerca de la disponibilidad de los recursos de producción (capacidad de producción), los productos que la compañía fabrica (información de definición del producto), los planes de producción (cronograma de la producción), y los resultados de la producción (desempeño de la producción) [59]. Todas las categorías están fundamentadas en los denominados modelos de recursos, conformados por el modelo de personal, modelo equipo, modelo material y modelo de segmento de proceso.

De las anteriormente mencionadas categorías de información, para los propósitos de este trabajo resulta de gran interés el modelo de desempeño de la producción, debido a que dicho modelo contiene información consolidada de los niveles y características de la producción.

Con base en la anterior consideración, a continuación se describirán brevemente los cuatro modelos de recursos y el modelo de desempeño de la producción empleados como modelos conceptuales para la construcción del modelo ontológico que aborda este trabajo. Para la descripción de los atributos de las clases que contienen cada modelo, se empleará, si aplica, la información tomada del proceso caso de estudio “proceso de tratamiento de agua potable”.

## 4.2.1 Modelo de personal

El modelo propuesto en ANSI/ISA-95.00.01 (Figura 45) contiene información acerca del personal específico, clases de personal y la idoneidad del personal.

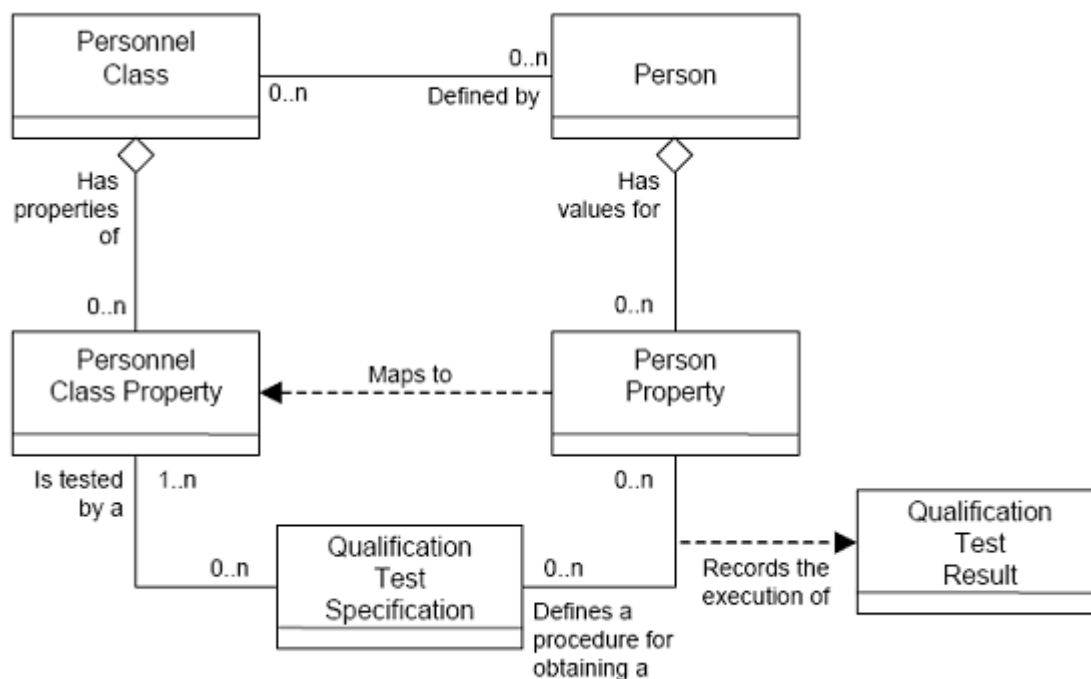


Figura 45: Modelo de personal ANSI/ISA-95.00.01

### 4.2.1.1 Clase de personal

Una clase de objetos "clase de personal" constituye un medio que permite agrupar individuos que cuentan con características similares. En el contexto del caso de estudio, "operador de planta de tratamiento de agua potable (PTAP)" constituye la única clase de personal considerada, debido a que es la que está en mayor contacto con el desarrollo del proceso.

La Tabla 19 define los atributos de los objetos clase de personal.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de una clase de personal específico. El valor de este atributo no necesariamente corresponde a un cargo, pero identifica las clases que son referenciadas en otras partes del modelo.	Operador PTAP
Descripción	Información adicional acerca de la clase de personal	Información general acerca de los operadores de planta de tratamiento de agua potable

**Tabla 19: Atributos de objetos clase de personal**

#### 4.2.1.2 Propiedad de clase personal

Una propiedad de clase de personal permite realizar una mejor caracterización de una clase de personal específica, al permitir describir los atributos que se crean necesarios para dicha clase. Ejemplos de propiedades de clase de personal para la clase de personal “Operador PTAP” pueden ser “Certificado de operación de sistemas de potabilización de agua (PA)”, “Turno nocturno” y “Horas de trabajo”.

La Tabla 20 define los atributos para los objetos propiedad de clase de personal.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador de un propiedad específica, único dentro del ámbito del objeto clase de personal al cual pertenezca	Certificado de operación de sistemas PA
		Turno nocturno
		Horas de trabajo
Descripción	Información adicional acerca de la clase de personal	Indica si el operador cuenta con la certificación para la operación de sistemas de potabilización de agua
		Indica si el operador está disponible para un turno

		nocturno
		Indica el máximo número de horas mensual de trabajo
Valor	El valor, conjunto de valores, o rango de la propiedad.	{Verdadero, Falso}
		{Verdadero, Falso}
		[0...240]
Unidad de medición del valor	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	Boleano
		Boleano
		Horas

**Tabla 20: Atributos propiedad de clase de personal**

#### 4.2.1.3 Persona

Una clase de objeto “persona” se emplea para representar un individuo específico, el cual puede ser pertenecer a más de una clase de personal.

La Tabla 21 define los atributos correspondientes a los objetos persona.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único para una persona específica, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción)	Operador 4
Descripción	Información adicional acerca del recurso	Información personal
Nombre	El nombre del individuo. El valor de este atributo permite establecer una identificación adicional del recurso, de carácter informativo.	Juan Pérez

**Tabla 21: Atributos de persona**



#### 4.2.1.4 Propiedad de persona

Una propiedad de persona permite realizar una mejor caracterización de una persona, al permitir especificar los valores reales de las características de la misma. Por ejemplo, una propiedad de persona puede ser “turno nocturno” y su valor podría ser “disponible”, y otra propiedad de persona puede ser “horas de trabajo” con un valor de “200”.

La Tabla 22 define los atributos de los objetos propiedad de persona.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador de la propiedad específica	Certificado de operación de sistemas PA
		Horas de trabajo
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad	Indica si la persona es un operador de PTAP certificado
		Indica el número de horas de trabajo en el mes
Valor	El valor, conjunto de valores o rango de la propiedad. El (los) valor(es) se asume(n) que se encuentra(n) dentro del rango o conjunto de valores definidos por la propiedad relacionada de la clase personal	Verdadero
		200
Unidad de medición del valor	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	Booleano
		Horas

**Tabla 22: Atributos propiedad de persona**

#### 4.2.1.5 Especificación de examen de certificación

La especificación de examen de certificación se emplea en los casos en que se requiera un examen de certificación para asegurar que una persona tiene el entrenamiento adecuado y/o experiencia adecuada para desarrollar ciertas operaciones específicas. Una especificación de examen de certificación puede

estar asociada con una propiedad de clase de personal o con una propiedad de persona.

La Tabla 23 define los atributos de los objetos especificación de examen de certificación.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre	Identificación del la prueba para certificar una o más propiedades de persona	Examen de certificación de operación de sistemas PA
Descripción	Información adicional y descripción acerca de la especificación de prueba de certificación	Identifica el examen de certificación de de operación de sistemas PA – Devuelve un valor Verdadero – Falso para la propiedad certificación de operación de sistemas PA
Versión	Identificación de la versión de la especificación de la prueba de certificación. En casos donde existan varias versiones de una especificación de prueba de certificación, entonces el atributo versión contendrá la información de identificación adicional para diferenciar cada versión	2006-07-15

**Tabla 23: Atributos especificación de examen de certificación**

#### 4.2.1.6 Resultado de examen de certificación

Un objeto “resultado de examen de certificación” se emplea para registrar el resultado asociado a un examen de certificación para una persona específica.

La Tabla 24 Define los atributos de la clase de objetos resultado de examen de certificación.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador de la instancia que registra los resultados de la una prueba de certificación para una persona específica	EC-OSPA-2008-10-25-OP4
Descripción	Información adicional y descripción acerca del resultado del examen de certificación	Resultados de Juan en la prueba de certificación de operación de sistemas PA, Octubre 2008
Fecha	La fecha y hora del examen de certificación	2008-10-25 T 08:00
Resultado	El resultado de la prueba de certificación.	Aprobado
Unidad de Medición del Resultado	La unidad de medida del resultado de la prueba asociada, si aplica	[no aplica]
Expiración	La fecha de expiración de la certificación	2011-10-25

Tabla 24: Atributos resultado de examen de certificación

#### 4.2.2 Modelo de equipo

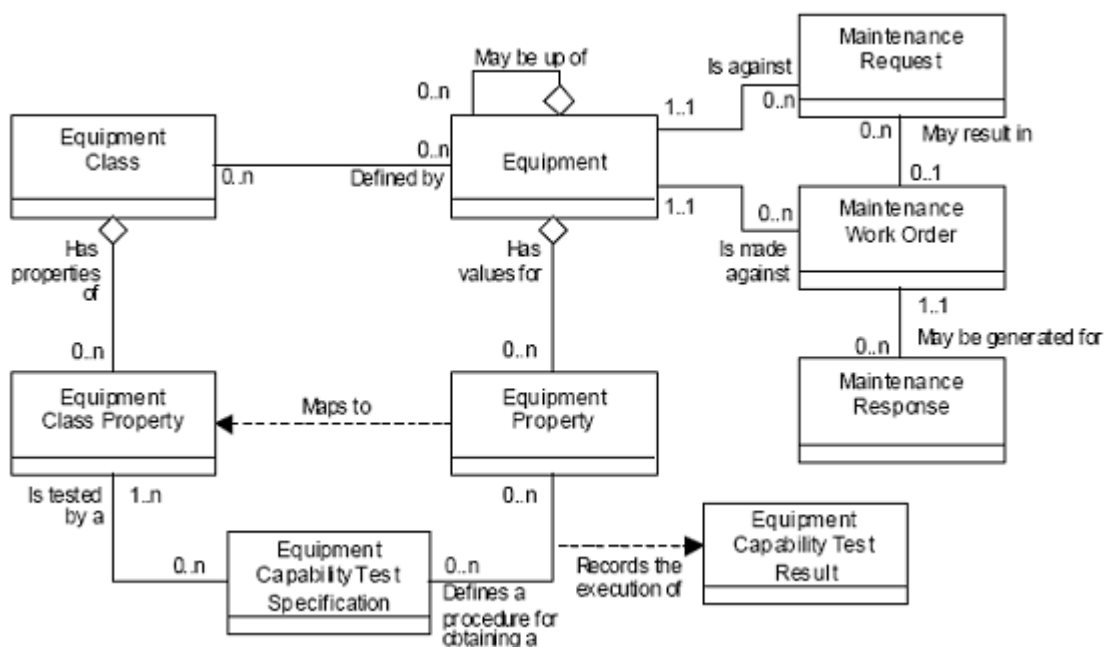


Figura 46: Modelo de equipo ANSI/ISA-95.00.01

La

Figura 36 muestra el modelo de equipo propuesto en ANSI/ISA-95.00.01, el cual contiene información referente al equipo específico, las clases de equipo, pruebas de capacidad de equipo e información de mantenimiento asociada con el equipo.

Para propósitos de este trabajo sólo se considerarán los elementos que modelan la información relacionada con equipo específico y las clases de equipo, dejando a un lado los elementos asociados con la especificación, respuesta de pruebas de capacidad de equipo, solicitud de mantenimiento, orden de trabajo de mantenimiento y respuesta de mantenimiento. Esto impone la limitación de que el modelo sólo se pueda emplear en situaciones donde no se requiera verificar la disponibilidad de los equipos en un determinado momento, ni se consideren aspectos de mantenimiento.

Con base en lo anterior a continuación se presentan cada una de las clases seleccionadas para la elaboración del modelo ontológico.

#### 4.2.2.1 Clase de equipo

La clase de objetos “clase de equipo” constituye un medio que permite describir un grupo de equipos que cuentan con características similares. En el contexto del caso de estudio, “dosificador químico”, “bomba hidráulica”, “tanque de desinfección”, “tanque de almacenamiento” y “filtro de agua” constituyen ejemplos de clases de equipo.

La Tabla 25 define los atributos de los objetos clase de equipo

Nombre Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificación única de una clase de equipo específica, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción)	Dosificador Químico
Descripción	Información adicional acerca de la clase	Dispositivo mecánico

	equipo	empleado para medir una cantidad de un producto químico y aplicarlo a una velocidad establecida
--	--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

**Tabla 25: Atributos clase de equipo**

#### 4.2.2.2 Propiedad de clase de equipo

Una propiedad de clase de equipo dentro del modelo de equipo se emplea para definir una característica específica de una clase de equipo.

Nombre Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Una identificación de la propiedad específica.	Tipo Dosificador
		Estado Material Dosificado
		Velocidad Dosificación
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad de la clase equipo	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento
		Estado del material que permite dosificar el dispositivo
		Especifica la velocidad de operación de dosificador
Valor	El valor, conjunto de valores o rango que puede tomar la propiedad	{Alternante, Diafragma, Tipo Vacío, Goteo, Volumétrico, Gravimétrico }
		{Líquido, Sólido}
		{1..1000}
Valor unidad de medición	La unidad de medición del valor de la propiedad asociada, si aplica	-
		-
		Kg/h
		Litros/h

**Tabla 26: Atributos propiedad de clase de equipo**

### 4.2.2.3 Equipo

La clase de objetos “equipo” se emplea para representar los elementos (sedes, áreas, unidades de producción, células de proceso, células de trabajo, o unidades) dentro del modelo de jerarquía de equipos. Ejemplos de equipo son “dosificador sulfato”, “bomba hidráulica # 1”, “filtro de agua #4”, y “tanque de desinfección # 3”. La Tabla 27 define los atributos para los objetos equipo.

Nombre Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de una pieza de equipo específica, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción)	Dosificador sulfato
Descripción	Información adicional acerca del equipo	Dispositivo empleado para la dosificación de sulfato de aluminio, en la zona de vertedero

Tabla 27: Atributos de equipo

### 4.2.2.4 Propiedad de equipo

La clase “propiedad de equipo” permite especificar el valor real de la propiedad de un equipo que tiene asociada a través de la propiedad clase de equipo.

La Tabla 28 define los atributos para los objetos propiedad de equipo.

Nombre Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Una identificación de la propiedad específica	Tipo Material Dosificado
		Estado Material Dosificado
		Forma Material Dosificado
		Tipo Dosificador
		Velocidad Dosificación
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad de equipo	Especifica el tipo de material dosificado

		Especifica el estado del material dosificado
		Especifica la forma del material dosificado
		Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento
		Especifica la velocidad de operación de dosificador
Valor	El valor, el conjunto de valores o rango de la propiedad. El valor se asume que se encuentra dentro del rango o conjunto de valores definidos por la propiedad de equipo relacionada.	Sulfato de aluminio
		Sólido
		Granulado
		Volumétrico
		2.08
Valor unidad de medición	La unidad de medición del valor de la propiedad asociada, si aplica.	-
		-
		-
		-
		Kg/h

**Tabla 28: Atributos de propiedad de equipo**

### 4.2.3 Modelo de materiales

La Figura 47 muestra el modelo de materiales propuesto en ANSI/ISA-95.00.01, el cual permite especificar y organizar toda la información relacionada con los recursos de material empleados en un proceso productivo. La información de material incluye el inventario de materias primas, productos intermedios y finales.

Para propósitos de este trabajo, no se consideran las clases que modelan la información de especificación de pruebas para el aseguramiento de la calidad y de resultados de pruebas para el aseguramiento de la calidad. Esto impone la limitación de que el modelo sólo se pueda emplear en situaciones donde no se requiera verificar la calidad de los recursos de material empleados en un proceso productivo.

Con base en lo anterior, a continuación se presentan cada una de las clases seleccionadas para la elaboración del modelo ontológico.

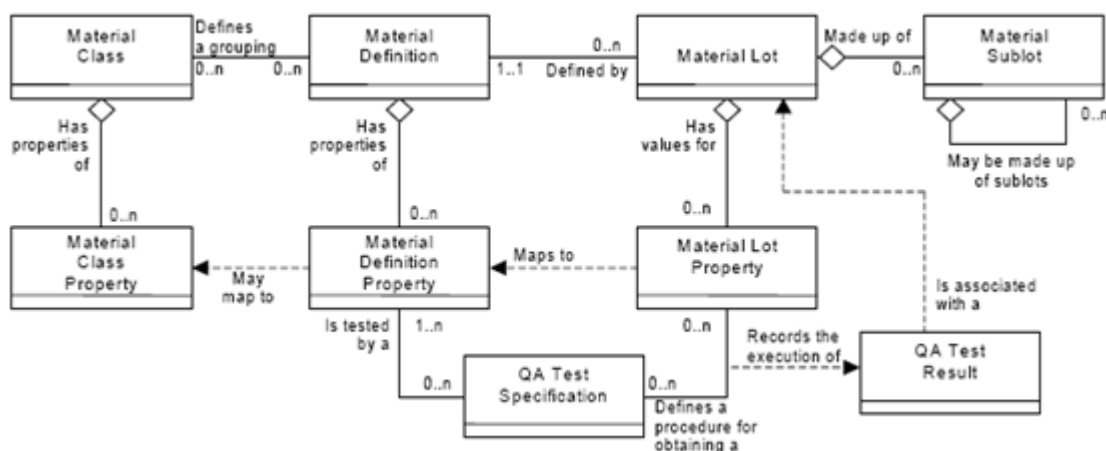


Figura 47: Modelo de Material ANSI/ISA-95.00.01

#### 4.2.3.1 Definición de material

La clase de objetos “definición de material” permite describir los insumos o productos que poseen características similares. En el contexto del caso de estudio “sulfato de aluminio”, “cloro” y “agua potable” constituyen ejemplos de definición de material.

La Tabla 29 define los atributos para los objetos definición de material

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de una definición de material específica, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción).	Sulfato Aluminio
Descripción	Información adicional acerca de la definición de material	Sulfato de aluminio (alumbre) empleado como agente coagulante

Tabla 29: Atributos de definición de material



#### 4.2.3.2 Propiedad de definición de material

Una propiedad de definición de material permite realizar una mejor caracterización de una clase definición de material, al permitir describir los atributos que se crean necesarios para un material (por ejemplo pH, o densidad).

La Tabla 30 define los atributos para los objetos propiedad de definición de material

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificación de una propiedad de definición de material específica.	Estado
		Forma
		pH
		Densidad
		Solubilidad
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad de definición de material.	Estado de la presentación del material
		Forma de presentación del material
		Nivel de acidez de la sustancia a una temperatura de 25° C
		Densidad de la sustancia
		Capacidad del sustancia para disolverse en el agua (a 20°C)
Valor	El valor, conjunto de valores o rango de la propiedad.	Sólido
		Granulado
		3.5
		1.3
		600
Unidad de Medición	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	gr/cm3
		gr/L

Tabla 30: Atributos de propiedad de definición de material

### 4.2.3.3 Clase de material

Una clase de material constituye un medio que permite agrupar definiciones de material que cuentan con características similares. Un ejemplo de clase de material sería “coagulante”, el cual agrupa a “sulfato de aluminio”, “cloruro de hierro” y “sulfato ferroso”.

La Tabla 31 define los atributos para los objetos clase de material.

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de una clase de material específica, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción).	Coagulante
Descripción	Información adicional acerca de la clase material	Sustancia que ayuda a la precipitación más rápida de partículas suspendidas y coloides presentes en el agua

Tabla 31: Atributos de clase de material

### 4.2.3.4 Propiedad de clase de material

Una propiedad de clase de material permite realizar una mejor caracterización de una clase de material al permitir describir los atributos que se crean necesarios para dicha clase (por ejemplo pH, o densidad). Las propiedades de clase de material usualmente definen valores nominales o estándares para el material. La Tabla 32 define los atributos para los objetos propiedad de clase de material.

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificación de una propiedad de clase de material específica	Estado
		Forma
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad de clase material	Estados de presentación del coagulante

		Formas de presentación del coagulante
Valor	El valor, conjunto de valores o rango de la propiedad.	{Sólido, Líquido} {Granulado, Pulverizado, Solución}
Unidad de Medición	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica	- -

**Tabla 32: Atributos de propiedad de clase de material**

#### 4.2.3.5 Lote de material

Una clase de objetos “lote de material” se emplea para identificar una cantidad específica de material, contable o cuantificable. Describe la cantidad total real del material disponible, su estado actual y los valores de propiedades específicas.

La Tabla 33 define los atributos para los objetos lote de material.

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de un lote de material específico, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción).	LMSA-51
Descripción	Información adicional acerca del lote de material	Lote de sulfato de aluminio número 51
Estado	Estado del lote de material. Por ejemplo entregado, aprobado, bloqueado, en proceso, en inspección de calidad	En proceso

**Tabla 33: Atributos de lote de material**

#### 4.2.3.6 Propiedad de lote de material

Una propiedad lote de material permite definir uno o más atributos para un lote de material específico, como por ejemplo pH o densidad.

La Tabla 34 define los atributos para los objetos propiedad lote de material.

Nombre de Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificación de una propiedad de lote de material específica.	pH
		Densidad
		Solubilidad
Descripción	Información adicional acerca de la propiedad de clase material.	Nivel de acidez promedio del lote de material a temperatura ambiente
		Densidad promedio del lote de material
		Solubilidad promedio del lote de material a temperatura ambiente
Valor	El valor, conjunto de valores o rango de la propiedad.	3.4
		1.33
		620
Unidad de Medición	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica	-
		g/cm3
		g/L

**Tabla 34: Atributos de propiedad de lote de material**

#### 4.2.3.7 Sub-lote de material

Una clase sub-lote de material permite especificar una cantidad identificable de material que hace parte de un lote, la cual ha sido almacenada de manera separada. Cada sub-lote de material contiene información de la localización y de la cantidad de material disponible en el sub-lote.

NOTA: En el caso de estudio, el almacenamiento de materiales no se realiza de manera separada, por lo cual no se presentara información que sirva de ejemplo dentro de los atributos de la clase sub-lote de material.

La Tabla 35 define los atributos para los objetos sub-lote de material.

Nombre de Atributo	Descripción
ID	Identificador único de un sub-lote de material específico, dentro del ámbito de la información intercambiada.
Descripción	Información adicional acerca del sub-lote de material.
Estado	Estado del sub-lote de material. Por ejemplo entregado, aprobado, bloqueado, en proceso, en inspección de calidad.
Localización almacenamiento	Identificación de la localización de almacenamiento del sub-lote de material.
Cantidad	La cantidad de material del sub-lote.
Unidad de medición	Unidad de medición del atributo cantidad asociado, si aplica.

**Tabla 35: Atributos de sub-lote de material**

#### 4.2.4 Modelo de segmento de proceso

El modelo de segmento de proceso contiene la información relacionada con segmentos de proceso específicos.

La Figura 48 muestra el modelo de segmento de proceso propuesto en ANSI/ISA-95.00.01.

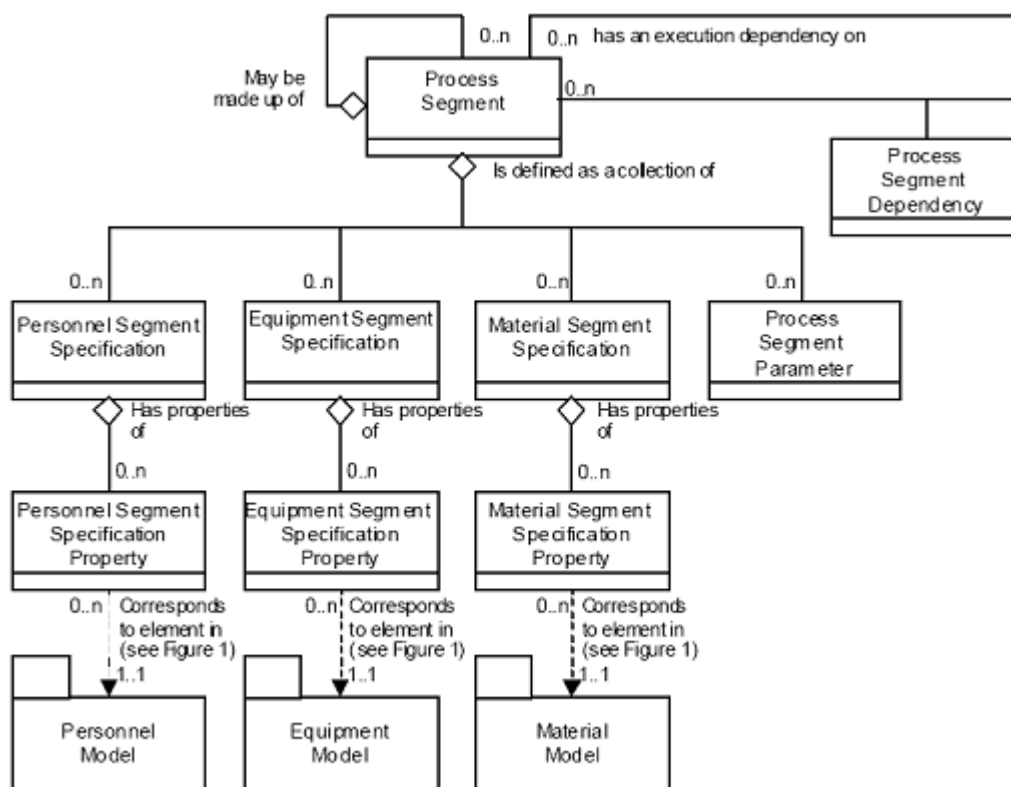


Figura 48: Modelo de segmento de proceso ANSI/ISA-95.00.01

#### 4.2.4.1 Segmento de proceso

Un segmento de proceso es una agrupación lógica de recursos de personal, equipos y material requeridos para llevar a cabo una etapa de la producción. El segmento de proceso usualmente define las clases necesarias de personal, equipo y material, pero también puede definir recursos específicos.

La Figura 48 define los atributos para los objetos segmento de proceso.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único de un segmento de proceso, dentro del ámbito de la información intercambiada (desempeño de la producción).	Potabilización de Agua
Descripción	Información adicional acerca del segmento de proceso.	Producción diaria del proceso de potabilización de agua cruda.

Localización	Identificación del elemento dentro del modelo jerárquico de equipo asociado. Opcionalmente define el ámbito del segmento de proceso tal como el área o sede en la cual está definida.	Planta de tratamiento el tablazo
Tipo de Elemento	Definición del tipo de elemento dentro del modelo jerárquico de equipo asociado.	Sede
Fecha de Publicación	La fecha y hora en la cual el segmento de proceso fue publicado o generado.	2008-12-01T 6:00:00
Duración	Duración del segmento de proceso, si se conoce.	24
Unidad de medición de la duración	La unidad de medición de la duración, si está definida.	Horas

**Tabla 36: Atributos de segmento de proceso**

#### 4.2.4.2 Especificación de segmento de personal

La clase de objetos especificación de segmento de personal define los recursos de personal que requiere el segmento de proceso.

La Tabla 37 define los atributos para los objetos especificación de segmento de personal.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de personal	Identifica la clase o el conjunto de clases de personal asociada(s) a un segmento de proceso específico	Operador PTAP
Persona	Identifica la persona o el conjunto de personas asociada(s) a un segmento de proceso específico	{Operario 1, Operario 2, Operario 3}
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la especificación de segmento de personal	Define el personal requerido para la realización del segmento de potabilización de agua.

Cantidad	Especifica el recurso de personal requerido por el segmento de proceso principal, si aplica.	3
Unidad de medición de la cantidad	La unidad de medición de la cantidad asociada, si aplica	Personas/día

**Tabla 37: Atributos de especificación de segmento de personal**

#### 4.2.4.3 Propiedad de especificación de segmento de personal

La propiedad de especificación de segmento de personal permite definir los atributos específicos de un objeto “especificación de segmento de personal”. La Tabla 38 define los atributos para los objetos propiedad de especificación de segmento de personal.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Identificación de la propiedad de persona o la propiedad de clase de personal asociada a un segmento de proceso específico.	Certificado de operación de sistemas PA
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la propiedad	Indica si la persona es un operador de PTAP certificado
Valor	El valor, conjunto de valores o el rango de la propiedad de especificación de segmento de personal.	Verdadero
Unidad de medición del valor	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	Booleano

**Tabla 38: Atributos de propiedad de especificación de segmento de personal**

#### 4.2.4.4 Especificación de segmento de equipo

La clase de objetos especificación de segmento de equipo define los recursos de equipo requeridos por el segmento de proceso específico. La Tabla 41 define los atributos para los objetos especificación de segmento de equipo.



Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de equipo	Identifica la clase de equipo o el conjunto de clases de equipo asociadas a un segmento de proceso específico.	Dosificador Químico
Equipo	Identifica el equipo o el conjunto de equipo asociado a un segmento de proceso específico.	Dosificador Sulfato
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la especificación de segmento de equipo	Equipo de dosificación de sulfato
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos requeridos por el segmento de proceso principal, si aplica.	1
Unidad de Medición de la Cantidad	La unidad de medición de la cantidad asociada, si aplica	Máquina

**Tabla 39: Atributos de especificación de segmento de equipo**

#### 4.2.4.5 Propiedad de especificación de segmento de equipo

La propiedad de especificación de segmento de equipo permite definir los atributos específicos de un objeto “especificación de segmento de equipo”.

La Tabla 40 define los atributos para los objetos propiedad de especificación de segmento de equipo.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Identificación de la propiedad de equipo o la propiedad de clase de equipo asociada a un segmento de proceso específico.	Estado Material Dosificado
		Velocidad Dosificación
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la propiedad de especificación de segmento de equipo	Especifica el estado del material dosificado
		Especifica la velocidad de operación de dosificador.
Valor	El valor, conjunto de valores o el rango de la propiedad.	Sólido

		2.08
Unidad de medición del valor	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	-
		gr/s

**Tabla 40: Atributos de propiedad de especificación de segmento de equipo**

#### 4.2.4.6 Especificación de segmento de material

La clase de objetos especificación de segmento de material define los recursos de material que requiere el segmento de proceso.

La Tabla 41 define los atributos para los objetos especificación de segmento de material.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de Material	Identifica la clase de material o el conjunto de clases de material asociadas a un segmento de proceso específico.	Coagulante
Definición de Material	Identifica el material o el conjunto de materiales asociado(s) a un segmento de proceso específico.	Sulfato de Aluminio
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la especificación de segmento de equipo	Define el coagulante requerido por un segmento de proceso producción diaria
Uso de Material	Define el uso del material: Material consumido, Material Producido o Material Consumido	Material Consumido
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos requeridos por el segmento de proceso principal, si aplica.	50
Unidad de Medición de la Cantidad	La unidad de medición de la cantidad asociada, si aplica	Kg/día

**Tabla 41: Atributos de especificación de segmento de material**

#### 4.2.4.7 Propiedad de especificación de segmento de material

La propiedad de especificación de segmento de material permite definir los atributos específicos de un objeto “especificación de segmento de material”.

La Tabla 42 define los atributos para los objetos propiedad de especificación de segmento de material.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Identificación de la propiedad de material o la propiedad de clase de material asociada a un segmento de proceso específico.	Forma
		pH
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la propiedad de especificación de segmento de material	Forma de presentación del material.
		Nivel de acidez de la sustancia a una temperatura de 25° C
Valor	El valor, conjunto de valores o el rango de la propiedad.	Granulado
		1.3
Unidad de medición del valor	La unidad de medición del atributo valor asociado, si aplica.	-
		gr/cm3

**Tabla 42: Atributos de propiedad de especificación de segmento de material**

#### 4.2.5 Modelo de desempeño de la producción

El modelo de desempeño de la producción contiene la información relacionada con los resultados de la producción obtenidos de la ejecución de uno o más segmento(s) de proceso específico(s). La Figura 37 muestra el modelo de desempeño de la producción propuesto en ANSI/ISA-95.00.01.

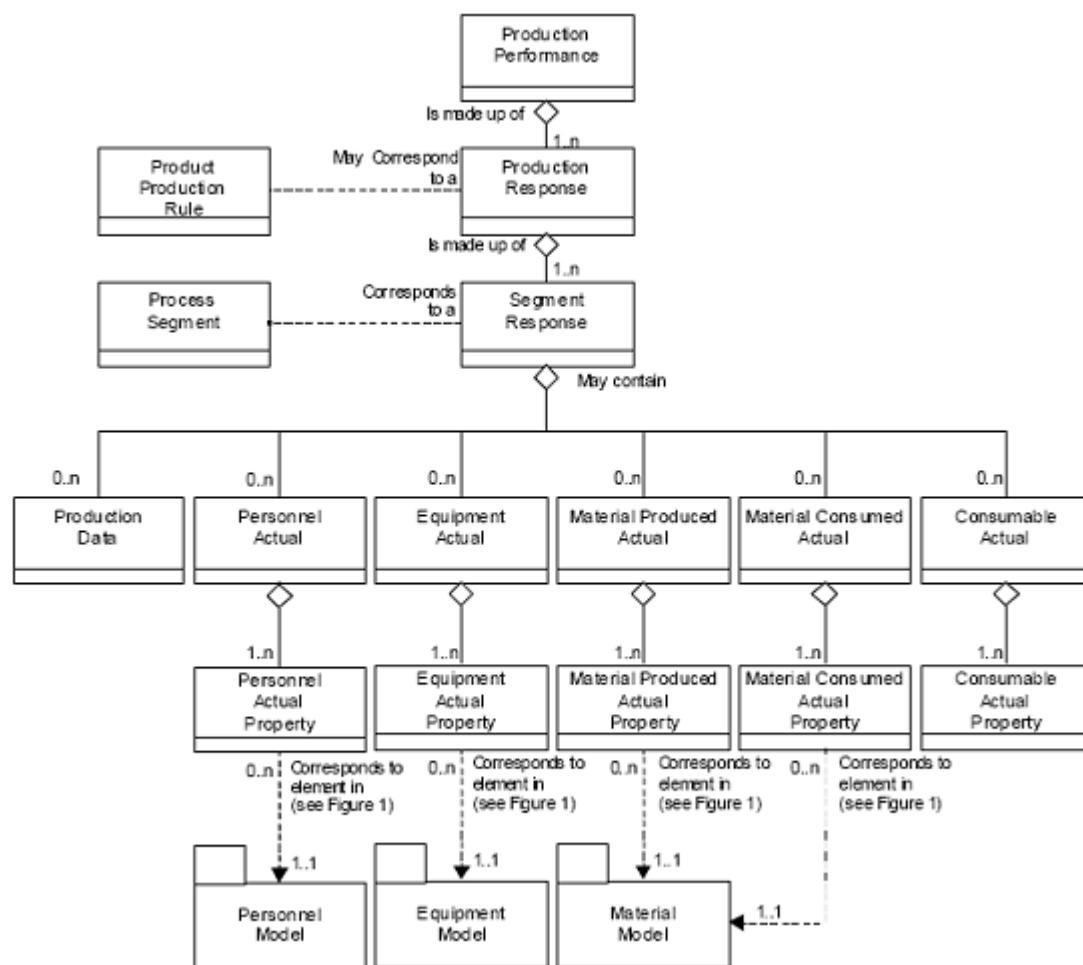


Figura 49: Modelo de desempeño de la producción ANSI/ISA-95.00.01

#### 4.2.5.1 Desempeño de la producción

La clase desempeño de la producción permite determinar el nivel de rendimiento o productividad de una determinada solicitud de manufactura. La Tabla 43 define los atributos para los objetos de desempeño de la producción.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador único del reporte de desempeño de la producción, que podría incluir información de versión y revisión	RDP-Tablazo-2008-11-01
Descripción	Contiene información adicional del reporte de desempeño de la producción	Reporte diario de desempeño de la producción de la planta de

		tratamiento de agua potable "El tablazo".
Cronograma de producción	Identificador del cronograma de producción asociado, si aplica. El reporte de desempeño de la producción puede no estar relacionado a un cronograma de producción, puede ser un reporte de toda la producción durante un tiempo específico o reportado con base en eventos del nivel de planta,	-
Fecha de Inicio	La fecha de inicio que abarca el reporte de desempeño de la producción, si aplica	2008-11-01
Fecha de Finalización	La fecha de finalización que abarca el reporte de desempeño de la producción, si aplica	2008-11-02
Fecha de Publicación	La fecha y hora en la cual el reporte de desempeño de la producción fue generado o publicado.	2008-11-02T14:42:15
Localización	Identificador del elemento dentro del modelo de jerarquía de equipos asociado al reporte.	Planta de Tratamiento el Tablazo
Tipo de Elemento	Definición del tipo de elemento dentro del modelo de jerarquía de equipos asociado. Por ejemplo: empresa, sede, área.	Sede

**Tabla 43: Atributos de desempeño de la producción**

#### 4.2.5.2 Respuesta de producción

La respuesta de producción contiene información que está relacionada con una solicitud de producción. Se pueden generar una o más respuestas de producción ante una solicitud de producción si la instalación requiere dividir la solicitud de producción en varios elementos de trabajo (por ejemplo debido a restricciones en la capacidad o disponibilidad de los equipos).

La Tabla 44 define los atributos para los objetos respuestas de producción.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identificador de la respuesta de producción	RP-Tablazo-2008-11-01

	asociada. El ID debe emplearse en otras partes del modelo cuando se necesite identificarse la respuesta de producción	
Solicitud de producción	Identificador de la solicitud de producción asociada, si aplica. La respuesta de producción puede no estar asociada a una solicitud de producción, ésta puede ser un reporte de toda la producción durante un tiempo específico o presentada ante eventos en el piso de planta.	-
Regla de producción del producto	Identifica la regla de producción del producto que fue empleada, si aplica. Su valor puede no corresponder el valor de solicitud, en el caso de que se puedan alternar especificaciones.	-
Fecha de Inicio	La fecha de inicio de la respuesta de producción	2008-11-01T06:00:00
Fecha de Finalización	La fecha de finalización de la respuesta de producción	2008-11-02T06:00:00

**Tabla 44: Atributos de respuesta de producción**

### 4.2.5.3 Respuesta del segmento

La respuesta del segmento contiene información referente a la respuesta de producción para un segmento de proceso específico. Un segmento de proceso define la actividad de producción y los recursos (material, equipos, personal, energía) necesarios para ejecutar la actividad, independiente del producto. La respuesta del segmento puede contener información acerca de los datos de producción, personal, equipo, materiales consumidos y materiales producidos.

La Tabla 45 define los atributos para los objetos respuesta del segmento.

Nombre Atributo	Descripción	Ejemplo
ID	Identifica de manera única una instancia de un segmento de proceso ejecutado. NOTA: El mismo segmento de proceso puede ejecutarse varias veces durante la producción.	RS-Tablazo-2008-11-01

Segmento de proceso	Una identificación del segmento de proceso asociado con la respuesta de segmento.	Potabilización de Agua
Descripción	Contiene información adicional y la descripción de la respuesta del segmento.	Producción diaria, contiene información del personal, material y equipos empleados, así como del material producido.
Tiempo de inicio real	La fecha de inicio real de la respuesta del segmento	2008-11-01T06:00:00
Tiempo de finalización real	La fecha de finalización real de la respuesta del segmento	2008-11-02T06.00:00

**Tabla 45: Atributos de respuesta del segmento**

#### 4.2.5.4 Datos de producción

El objeto datos de producción contiene información que está relacionada con los productos fabricados, tal como el comportamiento de las variables más relevantes del proceso, desviaciones en los procedimientos registrados a través de eventos y alarmas, y el comportamiento de los operarios determinado por sus intervenciones, acciones y comentarios.

La Tabla 46 define los atributos para los objetos datos de producción.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre	El nombre de dato de la producción	Alarma Tanque Almacenamiento
Descripción	Contiene información adicional y descripciones del dato de producción	Nivel bajo en el tanque de almacenamiento
Valor	El valor o el conjunto de valores del dato de la producción	20
Unidad de Medición del Valor	Las unidades de ingeniería en las cuales el valor es definido, si aplica.	Mts

**Tabla 46: Atributos de datos de producción**

#### 4.2.5.5 Equipo real

El equipo real dentro de una respuesta de producción permite identificar la capacidad de equipo empleada durante un segmento de producto específico. La información específica de un equipo real es definida a través de las propiedades del equipo real.

La Tabla 47 define los atributos para los objetos equipo real.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de Equipo	Identifica la clase de equipo asociada o el conjunto de clases de equipo empleadas por un segmento de respuesta específico	Dosificador Químico
Equipo	Identifica el equipo asociado o conjunto de equipo empleado por un segmento de respuesta específico. Típicamente se especifica la clase de equipo o el equipo, pero no ambos	Dosificador Cal
Descripción	Contiene información adicional y descripciones del equipo actual	Especifica el dosificador químico empleado en la respuesta del segmento
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos de equipo empleados en el segmento principal, si aplica. Aplica para cada miembro del conjunto de equipos y clases de equipos	1
Unidad de Medición	Identifica la unidad de medición de la cantidad, si aplica.	Máquina

**Tabla 47: Atributos de equipo real**

#### 4.2.5.6 Propiedad de equipo real

La propiedad de equipo real define las características para los objetos “equipo real”.



Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Una identificación de la propiedad de equipo o la propiedad de clase de equipo asociada para un segmento de respuesta específico	Velocidad Dosificación
Descripción	Contiene información adicional y descripciones de la propiedad de equipo actual.	Especifica la velocidad de operación de dosificador
Valor	El valor o el conjunto de valores para la propiedad asociada	3.5
Unidad de Medición del Valor	La unidad de medición del valor de la propiedad asociada, si aplica.	Kg/h
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos de equipo empleados en el segmento principal, si aplica	1
Unidad de Medición de la Cantidad	Identifica la unidad de medición de la cantidad, si aplica.	Máquina

**Tabla 48: Atributos de propiedad de equipo real**

#### 4.2.5.7 Material real producido

El material real producido en una respuesta de producción identifica el material producido durante un segmento de producto definido. El material puede ser un producto final, intermedio o un producto o material de desecho.

La información específica acerca del material real producido es definida por las propiedades del material real producido.

La Tabla 49 define los atributos para los objetos material real producido.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de Material	Identifica la clase de material o el conjunto de clases de material obtenido(as) por una	Agua

	respuesta de segmento específica.	
Definición de Material	Identifica la definición de material o el conjunto de definiciones de materiales obtenida(s) por una respuesta de segmento específica.	Agua tratada
Lote de Material	Identifica el lote de material o el conjunto de lotes de material obtenido(s) por una respuesta de segmento específica.	-
Sub-Lote de Material	Identifica el sub-lote de material o el conjunto de sub-lotes de material obtenido(s) por una respuesta de segmento específica.	-
Descripción	Contiene información adicional del material actual producido.	Producción diaria, volumen de agua tratada
Localización	Identifica la localización del material producido, si aplica	Tanque de almacenamiento
Cantidad	Especifica la cantidad de material producido por el segmento principal. Aplica para cada miembro de los objetos lote de material, definición de material o clase de material.	90720000
Unidad de Medición de la Cantidad	Identifica la unidad de medición de la cantidad, si aplica.	Litros

**Tabla 49: Atributos de material real producido**

#### 4.2.5.8 Propiedad de material real producido

La Tabla 50 define los atributos para los objetos propiedad de material real producido.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Una identificación de la propiedad de material o la propiedad de clase de material asociada para un segmento de respuesta específico	pH
		Color Verdadero
		Turbiedad
Descripción	Contiene información adicional y	Define el nivel de acidez

	descripciones de la propiedad del material actual producido.	promedio del material producido
		Color (promedio) en el agua debido a la presencia de metales, materia orgánica u otras sustancias disueltas o suspendidas en ella.
		Apariencia (promedio) del agua no traslúcida, debida a la presencia de material en suspensión que obstruye el paso de la luz
Valor	El valor o el conjunto de valores para la propiedad asociada	7.6 1 1
Unidad de Medición del Valor	La unidad de medición del valor de la propiedad asociada, si aplica.	- ppm NTU
Cantidad	Especifica la cantidad de material producido por el segmento principal. Aplica para cada miembro de los conjuntos lote de material, definición de material y clase de material.	90'720.000
Unidad de medición de la cantidad	Identifica la unidad de medición del atributo cantidad, si aplica.	Litros

**Tabla 50: Atributos de propiedad de material real producido**

#### 4.2.5.9 Material consumido

El material consumido dentro de una respuesta de producción identifica el material empleado durante un segmento del producto específico. La información específica acerca del material consumido es definida a través de las “propiedades de material consumido”. La Tabla 51 define los atributos para los objetos material consumido.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Clase de Material	Identifica la clase de material asociada o el conjunto de clases de material empleado(as) por una respuesta de segmento específica.	Modificador pH
Definición de Material	Identifica la definición de material o el conjunto de definiciones de material empleado(as) por una respuesta de segmento específica.	Cal
Lote de Material	Identifica el lote de material o el conjunto de lotes de material empleado(as) por una respuesta de segmento específica.	LMCC-35
Sub-Lote de Material	Identifica el sub-lote de material o el conjunto de sub-lotes de material empleado(as) por una respuesta de segmento específica.	-
Descripción	Contiene información adicional y descripciones del material empleado.	Modificador de pH empleado para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)
Localización	Identifica la localización de donde se ha obtenido el material consumido, si aplica	Vertedero
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos de material consumido por el segmento principal. Aplica para cada miembro de los objetos lote de material, definición de material o clase de material.	53
Unidad de Medición de la Cantidad	Identifica la unidad de medición de la cantidad, si aplica.	Kg

**Tabla 51: Atributos de material consumido**

#### 4.2.5.10 Propiedad de material consumido

La Tabla 52 define los atributos para los objetos propiedad de material consumido.

Nombre del Atributo	Descripción	Ejemplo
Nombre de la propiedad	Una identificación de la propiedad de material o la propiedad de clase de material asociada para un segmento de respuesta específico	Solubilidad
Descripción	Contiene información adicional de la propiedad del material real consumido	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente
Valor	El valor o el conjunto de valores para la propiedad asociada	1.25
Unidad de Medición del Valor	La unidad de medición del valor de la propiedad asociada, si aplica.	g/L
Cantidad	Especifica la cantidad de recursos de material consumidos en el segmento principal, si aplica.	53
Unidad de Medición de la Cantidad	Identifica la unidad de medición del atributo cantidad, si aplica.	Kg

**Tabla 52: Atributos de propiedad de material consumido**

## 5 ANEXO E

### 5.1 INSTANCIACIÓN DE LOS MODELOS ISA 95 SELECCIONADOS

A continuación se presenta la instanciación de los modelos seleccionados del estándar ISA-95 teniendo como base la información del caso de estudio “proceso de tratamiento de agua potable”.

Inicialmente se presentará la instanciación de los modelos seleccionados para la planta de tratamiento “El Tablazo” y posteriormente para el caso de la planta de “Tulcán”.

### 5.2 INSTANCIACIÓN ISA 95 PLANTA “ELTABLAZO”

#### 5.2.1 Instanciación del modelo de personal

- Instancia de clase de personal y propiedad de clase de personal

CLASE DE PERSONAL			
ID	Descripción		
Operador PTAP	Persona capacitada en el manejo de operaciones relacionadas al proceso de tratamiento de agua potable.		
PROPIEDAD DE CLASE PERSONAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Certificación Operación sistemas potabilización Agua	Indica si la persona cuenta con el certificado de competencia laboral para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento de agua potable	{Verdadero, Falso}	Booleano
Máximo número de horas de trabajo	Indica el número de horas máximo mensual que puede trabajar el operador	[0...240]	Horas

**Tabla 53: Instancia operador PTAP e instancias de sus propiedades asociadas**

- **Instancias de personal y propiedad de personal**

PERSONAL			
ID	Descripción	Nombre	
Operador 1	Información personal	Juan Pérez	
Operador 2	Información personal	Germán Gutiérrez	
Operador 3	Información personal	Mauricio Rodríguez	
Operador 4	Información personal	Pedro Muñoz	
Operador 5	Información personal	Carlos López	
Operador 6	Información personal	Roberto García	
PROPIEDAD DE PERSONAL <sup>3</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Certificación operación sistemas potabilización agua.	Indica si la persona cuenta con el certificado de competencia laboral para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento de agua potable.	Verdadero	Booleano
Horas Máximas	Indica el número de horas máximo mensual que puede trabajar un operario.	200	Horas

**Tabla 54: Instancia de clase de personal y propiedades asociadas, planta Tablazo.**

- **Instancia de especificación de prueba de certificación**

Nombre	Descripción	Versión
Certificación de operación de sistemas de potabilización de agua	Certificación de cumplimiento de los requisitos de idoneidad, criterios desempeño y nivel de cualificación especificados en la Norma Técnica Colombiana de Competencia Laboral, para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento de agua potable.	[No aplica]

**Tabla 55: Instancia de especificación de prueba de certificación, planta Tablazo.**

<sup>3</sup> Las siguientes propiedades aplican para cada uno de los operarios anteriormente definidos

- **Instancias de resultado de prueba de certificación**

ID	Descripción	Fecha	Resultado	Unidad de Medición	Expiración
PC001	Resultado de la prueba de certificación, Juan Pérez.	2004-02-05	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC002	Resultado de la prueba de certificación, Germán Gutiérrez.	2003-05-02	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC003	Resultado de la prueba de certificación, Mauricio Rodríguez.	2003-05-02	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC004	Resultado de la prueba de certificación, Germán Gutiérrez.	2003-05-02	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC005	Resultado de la prueba de certificación, Pedro Muñoz.	2007-07-14	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC006	Resultado de la prueba de certificación, Carlos López.	2008-04-10	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC007	Resultado de la prueba de certificación, Roberto García.	2008-09-10	Aprobado	[No aplica]	No expira

**Tabla 56: Instancias de resultados de prueba de certificación, planta Tablazo.**



## 5.2.2 Instanciación del modelo de equipos

- Instancias de la clase de equipo y propiedad de clase de equipo

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Químico	Dispositivo mecánico empleado para medir una cantidad de un producto químico y aplicarlo a una velocidad establecida.		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado Material Dosificado	Estado del material que permite dosificar el dispositivo.	{Líquido, Sólido}	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento.	{Alternante, Diafragma, Tipo Vacío, Goteo, Volumétrico, Gravimétrico }	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador.	{1..1000}	Gr/Seg Litros/Hora

Tabla 57: Instancia dosificador químico y propiedades asociadas, planta Tablazo.

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque	Equipo empleado para contener una capacidad determinada de un líquido o gas.		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque	Capacidad que soporta el tanque para contener un determinado líquido o gas	{1...4000}	M <sup>3</sup>

Tabla 58: Instancia tanque y propiedades asociadas, planta Tablazo.

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Filtro Agua	Unidad que realiza el proceso físico de separar las partículas coloidales y en suspensión del agua haciéndola circular a través de un material granular.		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Material Granular	Tipo de material granular que contiene el filtro.	{arena, arena/carbón}	-
Capacidad Filtro	Capacidad volumétrica de agua del filtro.	{1...500}	M <sup>3</sup>

**Tabla 59: Instancia filtro de agua y propiedades asociadas, planta Tablazo.**

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Bomba Hidráulica	Dispositivo que transforma energía mecánica proveniente de una fuente exterior en una energía hidráulica que se aplica a un fluido incompresible, logrando con ello su movimiento debido al incremento de presión.		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo de Bomba	Tipo de bomba con base en su principio de funcionamiento.	{Bomba de émbolo alternativo, Bomba volumétrica rotativa, Radial, Axial, Helico-centrífugas}	-
Potencia Bomba	Potencia mecánica desarrollada por la bomba.	{2...350}	HP

**Tabla 60: Instancia bomba hidráulica y propiedades asociadas, planta Tablazo.**

- **Instancias de equipo y propiedad de equipo**

<b>EQUIPO</b>			
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
Dosificador Sulfato	Dispositivo empleado para la dosificación de sulfato de aluminio		
<b>PROPIEDAD DE EQUIPO</b>			
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad de medición</b>
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Sulfato de aluminio	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Sólido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Granulado	
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, en base a su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador	2.08	kg/h

**Tabla 61: Instancia dosificador sulfato y propiedades asociadas, planta Tablazo**

<b>EQUIPO</b>			
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
Dosificador Cal	Equipo empleado para la dosificación de carbonato de cal.		
<b>PROPIEDAD DE EQUIPO</b>			
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad de medición</b>
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Cal	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Sólido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Pulverizado	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador	3.5	kg/h

**Tabla 62: Instancia dosificador cal y propiedades asociadas, planta Tablazo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Cloro	Equipo empleado para la dosificación de hipoclorito de sodio (cloro)		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Cloro	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Líquido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Solución	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Velocidad de operación del dosificador	10.5	L/h

**Tabla 63: Instancia dosificador cloro y propiedades asociadas, planta Tablazo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque Desinfección 1	Tanque número 1, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido.		
Tanque Desinfección 2	Tanque número 2, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido.		
Tanque Desinfección 3	Tanque número 3, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido.		
Tanque Desinfección 4	Tanque número 4, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido.		
Tanque Desinfección 5	Tanque número 5, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido.		
PROPIEDAD DE EQUIPO <sup>4</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque Desinfección	Capacidad de almacenamiento de agua del tanque de desinfección.	1000	M <sup>3</sup>

**Tabla 64: Instancias tanque de desinfección y propiedad asociada, planta Tablazo.**

<sup>4</sup> Propiedad que aplica para todas las cinco instancias de tanque de desinfección.

EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque Almacenamiento 1	Tanque principal en el cual se almacena el agua obtenida del proceso de potabilización, a partir del cual se distribuye hacia la comunidad.		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque Almacenamiento 1	Capacidad de almacenamiento de agua del tanque de almacenamiento	4000	M <sup>3</sup>

**Tabla 65: Instancia tanque almacenamiento 1 y propiedad asociada, planta Tablazo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque Almacenamiento 2	Tanque secundario en el cual se almacena el agua obtenida del proceso de potabilización y partir del cual se distribuye hacia la comunidad.		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque Almacenamiento 2	Capacidad de almacenamiento de agua del tanque de almacenamiento	1500	M <sup>3</sup>

**Tabla 66: Instancia tanque almacenamiento 2 y propiedad asociada, planta Tablazo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Filtro Agua 1	Filtro de Agua # 1		
Filtro Agua 2	Filtro de Agua # 2		
Filtro Agua 3	Filtro de Agua # 3		
Filtro Agua 4	Filtro de Agua # 4		
Filtro Agua 5	Filtro de Agua # 5		
Filtro Agua 6	Filtro de Agua # 6		
PROPIEDAD DE EQUIPO <sup>5</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Material Granular	Tipo de material granular que contiene el filtro.	arena/carbón	-

<sup>5</sup> Propiedad que aplica para todas las instancias de filtrado de de agua

Capacidad Filtro	Capacidad volumétrica de agua del filtro.	500	M <sup>3</sup>
------------------	-------------------------------------------	-----	----------------

**Tabla 67: Instancias de filtros y propiedades asociadas, planta Tablazo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Bomba Hidráulica 1	Bomba Hidráulica # 1		
Bomba Hidráulica 2	Bomba Hidráulica # 2		
Bomba Hidráulica 3	Bomba Hidráulica # 3		
PROPIEDAD DE EQUIPO <sup>6</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo de Bomba	Tipo de bomba con base en su principio de funcionamiento	Bomba volumétrica rotativa	-
Potencia Bomba	Potencia mecánica desarrollada por la bomba	300	HP

**Tabla 68: Instancias de bombas hidráulicas y propiedades asociadas, planta Tablazo**

### 5.2.3 Instanciación del modelo de materiales

- **Instancias de clase de material y propiedad de clase de material**

CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Coagulante	Sustancia que ayuda a la precipitación más rápida de partículas suspendidas y coloides presentes en el agua.		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estados de presentación del coagulante	{Sólido, Líquido}	-
Forma	Formas de presentación del coagulante	{Granulado, Pulverizado, Solución}	-

<sup>6</sup> Propiedad que aplica para todas las tres instancias de bomba hidráulica

pH	Rango del nivel de acidez del coagulante a una temperatura de 25°C	{1 .. 14}	-
Densidad	Rango de densidad del coagulante	{1 .. 3.5}	gr/cm3
Solubilidad	Rango de la capacidad del coagulante para disolverse en el agua (a 20°C)	{200 .. 1000}	gr/L

**Tabla 69: Instancia coagulante y propiedades asociadas, planta Tablazo**

CLASE MATERIAL			
ID	Descripción		
Desinfectante	Agente con propiedades germicidas y bactericidas que eliminan organismos patógenos.		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estados de presentación del desinfectante	{Sólido, Líquido, Gaseoso}	-
Forma	Formas de presentación del desinfectante	{Pulverizado, Solución}	-
pH	Rango del nivel de acidez del desinfectante	{1.5 .. 13}	-
Densidad	Rango de densidad del desinfectante	{1.14 .. 3.2}	gr/cm3
CT	Rango del tiempo de contacto y concentración del desinfectante. El parámetro se emplea para calcular la cantidad de desinfectante necesaria para la desinfección del agua.	{0.02 .. 150}	mg.min/L

**Tabla 70: Instancia desinfectante y propiedades asociadas, planta Tablazo**

CLASE MATERIAL			
ID	Descripción		
Modificador pH	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación de la sustancia	{Sólido, Líquido, Gaseoso}	-
Forma	Forma de la presentación de la sustancia	{Pulverizado, Solución}	-
Densidad	Densidad de la sustancia	{1.5...2.5}	gr/cm3
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	{1.1...2}	gr/L

**Tabla 71: Instancia modificador pH y propiedades asociadas, planta Tablazo**

- **Instancias de definición de material y propiedad de definición de material**

DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Sulfato Aluminio	Sulfato de aluminio (alumbre) empleado como agente coagulante		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación del material	Sólido	-
Forma	Forma de presentación del material	Granulado	-
pH	Nivel de acidez de la sustancia a una temperatura de 25° C	3.5	-
Densidad	Densidad de la sustancia	1.3	gr/cm3
Solubilidad	Capacidad del sustancia para disolverse en el agua (a 20°C)	600	gr/L

**Tabla 72: Instancia sulfato aluminio y propiedades asociadas, planta Tablazo**



DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Cloro	Hipoclorito de sodio (cloro) empleado como agente desinfectante		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de presentación del cloro	Líquido	-
Forma	Forma de presentación del cloro	Solución	-
pH	Nivel de acidez del cloro	12	-
Densidad	Densidad del cloro	2.5	gr/cm <sup>3</sup>
CT	Tiempo de contacto y concentración del cloro	2.8	mg.min/L

**Tabla 73: Instancia cloro y propiedades asociadas, planta Tablazo**

DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Cal	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación de la sustancia	Sólido	-
Forma	Forma del presentación del la sustancia	Pulverizado	-
Densidad	Densidad de la sustancia	2.83	g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	1.3	g/L

**Tabla 74: Instancia cal y propiedades asociadas, planta Tablazo**

#### 5.2.4 Instancias de lote de material y propiedad de lote de material

Para el caso de la clase de lote de material sólo se presentará una instancia asociada a cada una de las instancias de definición de material anteriormente presentadas con propósitos ilustrativos.

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMSA-51	Lote de sulfato de aluminio número 51	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
pH	Nivel de acidez promedio del lote de material a temperatura ambiente	3.4	-
Densidad	Densidad promedio del lote de material	1.33	g/cm3
Solubilidad	Solubilidad promedio del lote de material a temperatura ambiente	620	g/L

**Tabla 75: Instancia lote de material LMSA-51 y propiedades asociadas, planta Tablazo**

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMCL-40	Lote de hipoclorito de sodio líquido número 40	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
pH	Nivel de acidez del lote de material a temperatura ambiente	9	-
Densidad	Densidad del lote de material	2.33	g/cm3
CT	Tiempo de contacto y concentración del lote de material	2.8	mg.min/L

**Tabla 76: Instancia lote de material LMCL-40 y propiedades asociadas, planta Tablazo**

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMCC-35	Lote de carbonato de calcio número 35	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Densidad	Densidad de la sustancia	2.7	g/cm3
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	1.28	g/L

**Tabla 77: Instancia lote de material LMCC-35 y propiedades asociadas, planta Tablazo**

## 5.2.5 Instanciación del modelo de segmento de proceso

A continuación se presentarán las instancias asociadas a un único segmento de proceso con propósitos ilustrativos.

- **Instancia de segmento de proceso**

SEGMENTO DE PROCESO	
Nombre del Atributo	Valor
ID	Potabilización diaria de agua
Descripción	Producción diaria del proceso de potabilización de agua cruda
Localización	Planta de tratamiento el tablazo
Tipo de Elemento	Sede
Fecha de Publicación	2008-12-01 6:00
Duración	24
Unidad de medición de la duración	Horas

**Tabla 78: Instancia se segmento de proceso, planta Tablazo**

- **Instancia de especificación de segmento de personal**

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE PERSONAL	
Nombre del Atributo	Valor
Clase personal	Operador PTAP
Persona	{ Operador 1, Operador 2, Operador 3}
Descripción	Define el recurso de personal requerido por el segmento del proceso potabilización diaria de agua
Cantidad	3
Unidad de medición de la cantidad	Personas

**Tabla 79: Instancia de especificación de segmento de personal, planta Tablazo**

- **Instancias de especificación de segmento de equipo**

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE EQUIPO				
Clase de equipo	Equipo	Descripción	Cantidad	Unidad Medición Cantidad
Dosificador Químico	{Dosificador Sulfato, Dosificador Cloro, Dosificador Cal	Equipo de dosificación requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	3	Unidades
Filtro Agua	{Filtro Agua 1, Filtro Agua 2, Filtro Agua 3, Filtro Agua 4, Filtro Agua 5, Filtro Agua 6, Filtro Agua 7, Filtro Agua 8}	Unidades de filtrado de agua requeridas por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	8	Unidades
Tanque	{Tanque Desinfección 1, Tanque Desinfección 2, Tanque Desinfección 3, Tanque Desinfección 4, Tanque Desinfección 5 }	Unidades de desinfección de agua requeridas por el segmento de proceso potabilización diaria de agua.	5	Unidades
Tanque	{Tanque Almacenamiento 1, Tanque Almacenamiento 2}	Unidades de almacenamiento de agua requerida por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	2	Unidad

**Tabla 80: Instancias de especificación de segmento de equipo, planta Tablazo**

- **Instancias de especificación de segmento de material**

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE MATERIAL					
Clase de Material	Definición de Material	Descripción	Uso de Material	Cantidad	Unidad Medición Cantidad
Coagulante	Sulfato de Aluminio	Define el coagulante requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-
Desinfectante	Cloro	Define el desinfectante requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-
Modificador pH	Carbonato de Calcio	Define el modificador de pH requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-

**Tabla 81: Instancias de especificación de segmento de material, planta Tablazo**

## 5.2.6 Instanciación del modelo de desempeño de la producción

A continuación se presentarán las instancias asociadas a un reporte de desempeño de la producción con fines ilustrativos.

- **Instancia de desempeño de la producción**

DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN	
Nombre del Atributo	Valor
ID	RDP-Tablazo-2008-11-01
Descripción	Reporte diario de desempeño de la producción de la planta de tratamiento de agua potable "El Tablazo".
Cronograma de producción	-
Fecha de Inicio	2008-11-01
Fecha de Finalización	2008-11-02
Fecha de Publicación	2008-11-02T14:42:15
Localización	Planta de Tratamiento el Tablazo
Tipo de Elemento	Sede

**Tabla 82: Instancia de desempeño de la producción, planta Tablazo**

- **Instancia de respuesta de la producción**

RESPUESTA DE LA PRODUCCIÓN	
Nombre del Atributo	Valor
ID	RP-Tablazo-2008-11-01
Solicitud de producción	-
Regla de producción del producto	-
Tiempo Inicio	2008-11-01T06:00:00
Tiempo Finalización	2008-11-02T06:00:00

**Tabla 83: Instancia de respuesta de producción, planta Tulcán**

- **Instancia de respuesta del segmento**

<b>RESPUESTA DEL SEGMENTO</b>	
<b>Nombre Atributo</b>	<b>Valor</b>
ID	RS-Tablazo-2008-11-01
Segmento de proceso	Producción diaria
Descripción	Producción diaria, contiene información del personal, material y equipos empleados, así como del material producido.
Tiempo de inicio	2008-11-01T06:00:00
Tiempo de finalización	2008-11-02T06:00:00

**Tabla 84: Instancia de respuesta del segmento, planta Tablazo**

- **Instancia de material producido**

<b>MATERIAL PRODUCIDO</b>	
<b>Nombre del Atributo</b>	<b>Valor</b>
Clase de Material	Agua
Definición de Material	Agua tratada
Lote de Material	-
Sub-Lote de Material	-
Descripción	Producción diaria, volumen de agua tratada
Localización	Tanque de almacenamiento
Cantidad	90720000
Unidad de Medición de la Cantidad	Litros

**Tabla 85: Instancia de material producido, planta Tablazo**

- **Instancias de propiedad de material producido**

<b>PROPIEDAD DE MATERIAL PRODUCIDO</b>			
<b>Nombre de la propiedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad Medición Valor</b>
Color Verdadero	Color (promedio) en el agua debido a la presencia de metales, materia orgánica u otras sustancias disueltas o suspendidas en ella.	1	Ppm
Turbiedad	Apariencia (promedio) del agua no traslúcida, debida a la presencia de material en suspensión que obstruye el paso de la luz	1	NTU
pH	Define el nivel de acidez promedio del material producido	7.6	-

**Tabla 86: Instancias de propiedad de material producido, planta Tablazo**



- **Instancias de material consumido**

MATERIAL CONSUMIDO							
Clase de Material	Definición de Material	Lote de Material	Sub-Lote de Material	Descripción	Localización	Cantidad	Unidad de Medición
Coagulante	Sulfato Aluminio	LMSA-51	-	Coagulante empleado para acelerar la precipitación partículas suspendidas y coloides presentes en el agua.	Vertedero	47	Kg
Modificador de pH	Cal	LMCC-35	-	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)	Zona de desinfección	23	Kg
Desinfectante	Cloro	LMCL-40	-	Agente con propiedades germicidas y bactericidas empleado para eliminar organismos patógenos	Zona de desinfección	28	Litros

**Tabla 87: Instancias de material consumido, planta Tablazo**

### 5.3 INSTANCIACIÓN ISA 95 PLANTA DE TULCÁN

#### 5.3.1 Instanciación del modelo de personal

- Instancia de clase de personal y propiedad de clase de personal

CLASE DE PERSONAL			
ID	Descripción		
Operador PTAP	Persona capacitada en el manejo de operaciones relacionadas al proceso de tratamiento de agua potable.		
PROPIEDAD DE CLASE PERSONAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Certificación Operación sistemas potabilización Agua	Indica si la persona cuenta con el certificado de competencia laboral para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento de agua potable	{Verdadero, Falso}	Booleano
Máximo número de horas de trabajo	Indica el número de horas máximo mensual que puede trabajar el operador	[0...240]	Horas

Tabla 88: Instancia operador PTAP y propiedades asociadas, planta Tulcán

- Instancias de personal y propiedad de personal

PERSONAL			
ID	Descripción	Nombre	
Operador 1	Información personal	Marcos Pérez	
Operador 2	Información personal	José Maria Gutiérrez	
Operador 3	Información personal	Milton Rodríguez	
PROPIEDAD DE PERSONAL <sup>7</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Certificación operación sistemas potabilización agua.	Indica si la persona cuenta con el certificado de competencia laboral para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento	Verdadero	Booleano

<sup>7</sup> Las siguientes propiedades aplican para cada uno de los operarios anteriormente definidos

	de agua potable		
Horas Máximas	Indica el número de horas máximo mensual que puede trabajar un operario	200	Horas

**Tabla 89: Instancias de personal y propiedades asociadas, planta Tulcán**

- **Instancia de especificación de prueba de certificación**

Nombre	Descripción	Versión
Certificación de operación de sistemas de potabilización de agua	Certificación de cumplimiento de los requisitos de idoneidad, criterios desempeño y nivel de cualificación especificados en la Norma Técnica Colombiana de Competencia Laboral, para desempeñar el oficio de operador de plantas de tratamiento de agua potable	[No aplica]

**Tabla 90: Instancia de especificación de prueba de certificación, planta Tulcán**

- **Instancias de resultado de prueba de certificación**

ID	Descripción	Fecha	Resultado	Unidad de Medición Resultado	Expiración
PC001	Resultado de la prueba de certificación, Marcos Pérez	2004-02-05	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC002	Resultado de la prueba de certificación, José María Gutiérrez	2003-05-02	Aprobado	[No aplica]	No expira
PC003	Resultado de la prueba de certificación, Milton Rodríguez	2003-05-02	Aprobado	[No aplica]	No expira

**Tabla 91: Instancias de resultados de prueba de certificación, planta Tulcán**

### 5.3.2 Instanciación del modelo de equipos

- Instancias de clase de equipo y propiedad de clase de equipo

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Químico	Dispositivo mecánico empleado para medir una cantidad de un producto químico y aplicarlo a una velocidad establecida		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado Material Dosificado	Estado del material que permite dosificar el dispositivo	{Líquido, Sólido}	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	{Alternante, Diafragma, Tipo Vacío, Goteo, Volumétrico, Gravimétrico }	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador	{1..1000}	Gramos/Segundo Litros/Hora

**Tabla 92: Instancia dosificador químico y propiedades asociadas, planta Tulcán**

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque	Equipo empleado para contener una capacidad determinada de un líquido o gas		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque	Capacidad que soporta el tanque para contener un determinado líquido o gas	{1500}	M3

**Tabla 93: Instancia tanque y propiedades asociadas, planta Tulcán**

CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción		
Filtro Agua	Unidad que realiza el proceso físico de separar las partículas coloidales y en suspensión del agua haciéndola circular a través de un material granular.		
PROPIEDAD DE CLASE DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Material Granular	Tipo de material granular que contiene el filtro	{arena, arena/carbón}	-
Capacidad Filtro	Capacidad volumétrica de agua del filtro	{1...500}	M3

**Tabla 94: Instancia filtro de agua y propiedades asociadas, planta Tulcán**

- **Instancias de equipo y propiedad de equipo**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Sulfato	Dispositivo empleado para la dosificación de sulfato de aluminio		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Sulfato de aluminio	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Sólido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Granulado	
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador	2.08	kg/h

**Tabla 95: Instancia dosificador sulfato y propiedades asociadas, planta Tulcán**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Cal	Equipo empleado para la dosificación de carbonato de calcio (cal)		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Carbonato de calcio	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Sólido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Pulverizado	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Especifica la velocidad de operación de dosificador	3.5	kg/h

**Tabla 96: Instancia dosificador cal y propiedades asociadas, planta Tulcán**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Dosificador Cloro	Equipo empleado para la dosificación de hipoclorito de sodio (cloro)		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Tipo Material Dosificado	Especifica el tipo de material dosificado	Cloro	-
Estado Material Dosificado	Especifica el estado del material dosificado	Líquido	-
Forma Material Dosificado	Especifica la forma del material dosificado	Solución	-
Tipo Dosificador	Especifica el tipo de dosificador, con base en su principio de funcionamiento	Volumétrico	-
Velocidad Dosificación	Velocidad de operación del dosificador	10.5	L/h

**Tabla 97: Instancia dosificador cloro y propiedades asociadas, planta Tulcán**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque Desinfección 1	Tanque número 1, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido		
Tanque Desinfección 2	Tanque número 2, en el cual se realiza el proceso de desinfección mediante la adición de cloro líquido		
PROPIEDAD DE EQUIPO <sup>8</sup>			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque Desinfección	Capacidad de almacenamiento de agua del tanque de desinfección	1000	M <sup>3</sup>

**Tabla 98: Instancias de tanque de desinfección y propiedad asociada, planta Tulcán**

EQUIPO			
ID	Descripción		
Tanque Almacenamiento 1	Tanque principal en el cual se almacena el agua obtenida del proceso de potabilización, a partir del cual se distribuye hacia la comunidad.		
PROPIEDAD DE EQUIPO			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Capacidad Tanque Almacenamiento 1	Capacidad de almacenamiento de agua del tanque de almacenamiento	1500	M <sup>3</sup>

**Tabla 99: Instancia tanque almacenamiento 1 y propiedad asociada, planta Tulcán**

EQUIPO	
ID	Descripción
Filtro Agua 1	Filtro de Agua # 1
Filtro Agua 2	Filtro de Agua # 2
Filtro Agua 3	Filtro de Agua # 3
Filtro Agua 4	Filtro de Agua # 4
PROPIEDAD DE EQUIPO <sup>9</sup>	

<sup>8</sup> Propiedad que aplica para todas las dos instancias de tanque de desinfección.

<sup>9</sup> Propiedad que aplica para todas las instancias de filtrado de de agua

ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Material Granular	Tipo de material granular que contiene el filtro.	arena/carbón	-
Capacidad Filtro	Capacidad volumétrica de agua del filtro.	500	M <sup>3</sup>

**Tabla 100: Instancias de filtros y propiedades asociadas, planta Tulcán**

### 5.3.3 Instanciación del modelo de materiales

- Instancias de clase de material y propiedad de clase de de material

CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Coagulante	Sustancia que ayuda a la precipitación más rápida de partículas suspendidas y coloides presentes en el agua		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estados de presentación del coagulante	{Sólido, Líquido}	-
Forma	Formas de presentación del coagulante	{Granulado, Pulverizado, Solución}	-
pH	Rango del nivel de acidez del coagulante a una temperatura de 25°C	{1 .. 14}	-
Densidad	Rango de densidad del coagulante	{1 .. 3.5}	gr/cm3
Solubilidad	Rango de la capacidad del coagulante para disolverse en el agua (a 20°C)	{200 .. 1000}	gr/L

**Tabla 101: Instancia coagulante y propiedades asociadas, planta Tulcán**



CLASE MATERIAL			
ID	Descripción		
Desinfectante	Agente con propiedades germicidas y bactericidas que eliminan organismos patógenos.		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estados de presentación del desinfectante	{Sólido, Líquido, Gaseoso}	-
Forma	Formas de presentación del desinfectante	{Pulverizado, Solución}	-
pH	Rango del nivel de acidez del desinfectante	{1.5 .. 13}	-
Densidad	Rango de densidad del desinfectante	{1.14 .. 3.2}	gr/cm3
CT	Rango del tiempo de contacto y concentración del desinfectante. El parámetro se emplea para calcular la cantidad de desinfectante necesaria para la desinfección del agua.	{0.02 .. 150}	mg.min/L

**Tabla 102: Instancia desinfectante y propiedades asociadas, planta Tulcán**

CLASE MATERIAL			
ID	Descripción		
Modificador pH	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)		
PROPIEDAD DE CLASE DE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación de la sustancia	{Sólido, Líquido, Gaseoso}	-
Forma	Forma del presentación del la sustancia	{Pulverizado, Solución}	-
Densidad	Densidad de la sustancia	{1.5...2.5}	gr/cm3
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	{1.1...2}	gr/L

**Tabla 103: Instancia modificador pH y propiedades asociadas, planta Tulcán**

- **Instancias de definición de material y propiedad de definición de material**

DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Sulfato Aluminio	Sulfato de aluminio (alumbre) empleado como agente coagulante		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación del material	Sólido	-
Forma	Forma de presentación del material	Granulado	-
pH	Nivel de acidez de la sustancia a una temperatura de 25° C	3.5	-
Densidad	Densidad de la sustancia	1.3	gr/cm3
Solubilidad	Capacidad del sustancia para disolverse en el agua (a 20°C)	600	gr/L

**Tabla 104: Instancia sulfato aluminio y propiedades asociadas, planta Tulcán**

DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Cloro	Hipoclorito de sodio (cloro) empleado como agente desinfectante		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de presentación del cloro	Líquido	-
Forma	Forma de presentación del cloro	Solución	-
pH	Nivel de acidez del cloro	12	-
Densidad	Densidad del cloro	2.5	gr/cm3
CT	Tiempo de contacto y concentración del cloro	2.8	mg.min/L

**Tabla 105: Instancia cloro y propiedades asociadas, planta Tulcán**

DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción		
Cal	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)		
PROPIEDAD DE DEFINICION DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Estado	Estado de la presentación de la sustancia	Sólido	-
Forma	Forma del presentación del la sustancia	Pulverizado	-
Densidad	Densidad de la sustancia	2.83	g/cm3
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	1.3	g/L

**Tabla 106: Instancia cal y propiedades asociadas, planta Tulcán**

- **Instancias de lote de material y propiedad de lote de material**

Para el caso de la clase de lote de material sólo se presentará una instancia asociada a cada una de las instancias de definición de material anteriormente presentadas con propósitos ilustrativos.

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMSA-51	Lote de sulfato de aluminio número 51	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
pH	Nivel de acidez promedio del lote de material a temperatura ambiente	3.4	-
Densidad	Densidad promedio del lote de material	1.33	g/cm3
Solubilidad	Solubilidad promedio del lote de material a temperatura ambiente	620	g/L

**Tabla 107: Instancia lote de material LMSA-51 y propiedades asociadas, planta Tulcán**

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMCL-40	Lote de hipoclorito de sodio líquido número 40	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
pH	Nivel de acidez del lote de material a temperatura ambiente	9	-
Densidad	Densidad del lote de material	2.33	g/cm <sup>3</sup>
CT	Tiempo de contacto y concentración del lote de material	2.8	mg.min/L

**Tabla 108: Instancia lote de material LMCL-40 y propiedades asociadas, planta Tulcán**

LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Estado	
LMCC-35	Lote de carbonato de calcio número 35	En proceso	
PROPIEDAD DE LOTE DE MATERIAL			
ID	Descripción	Valor	Unidad de medición
Densidad	Densidad de la sustancia	2.7	g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	Capacidad de la sustancia para disolverse en el agua a temperatura ambiente	1.28	g/L

**Tabla 109: Instancia lote de material LMCC-35 y propiedades asociadas, planta Tulcán**

### 5.3.4 Instanciación del modelo de segmento de proceso

A continuación se presentarán las instancias asociadas a un único segmento de proceso con propósitos ilustrativos.

SEGMENTO DE PROCESO	
Nombre del Atributo	Valor
ID	Potabilización diaria de agua
Descripción	Producción diaria del proceso de potabilización de agua cruda
Localización	Planta de tratamiento el tablazo
Tipo de Elemento	Sede
Fecha de Publicación	2008-12-01 6:00

Duración	24
Unidad de medición	Horas

**Tabla 110: Instancia de segmento de proceso, planta Tulcán**

- **Instancia de especificación de segmento de personal**

<b>ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE PERSONAL</b>	
<b>Nombre del Atributo</b>	<b>Valor</b>
Clase personal	Operador PTAP
Persona	{ Operador 1, Operador 2, Operador 3}
Descripción	Define el recurso de personal requerido por el segmento del proceso potabilización diaria de agua
Cantidad	3
Unidad de medición de la cantidad	Personas

**Tabla 111: Instancia de especificación de segmento de personal, planta Tulcán**

- **Instancias de especificación de segmento de equipo**

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE EQUIPO				
Clase de equipo	Equipo	Descripción	Cantidad	Unidad Medición Cantidad
Dosificador Químico	{Dosificador Sulfato, Dosificador Cloro, Dosificador Cal	Equipo de dosificación requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	3	Unidades
Filtro Agua	{Filtro Agua 1, Filtro Agua 2, Filtro Agua 3, Filtro Agua 4, Filtro Agua 5, Filtro Agua 6)	Unidades de filtrado de agua requeridas por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	6	Unidades
Tanque	{Tanque Desinfección 1, Tanque Desinfección 2)	Unidades de desinfección de agua requeridas por el segmento de proceso potabilización diaria de agua.	5	Unidades
Tanque	{Tanque Almacenamiento 1}	Unidades de almacenamiento de agua requerida por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	2	Unidad

**Tabla 112: Instancias de especificación de segmento de equipo, planta Tulcán**

- **Instancias de especificación de segmento de material**

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE MATERIAL					
Clase de Material	Definición de Material	Descripción	Uso de Material	Cantidad	Unidad Medición Cantidad
Coagulante	Sulfato de Aluminio	Define el coagulante requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-
Desinfectante	Cloro	Define el desinfectante requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-
Modificador pH	Carbonato de Calcio	Define el modificador de pH requerido por el segmento de proceso potabilización diaria de agua	Material Consumido	-	-

**Tabla 113: Instancias de especificación de segmento de material, planta Tulcán**

### 5.3.5 Instanciación del modelo de desempeño de la producción

A continuación se presentarán las instancias asociadas a un reporte de desempeño de la producción con fines ilustrativos.

- **Instancia de desempeño de la producción**

DESEMPEÑO DE LA PRODUCCIÓN	
Nombre del Atributo	Valor
ID	RDP-Tulcan-2008-11-01
Descripción	Reporte diario de desempeño de la producción de la planta de tratamiento de agua potable "Tulcán".
Cronograma de producción	-
Fecha de Inicio	2008-11-01
Fecha de Finalización	2008-11-02
Fecha de Publicación	2008-11-02T14:42:15
Localización	Planta de Tratamiento el Tulcán
Tipo de Elemento	Sede

Tabla 114: Instancia de desempeño de la producción, planta Tulcán

- **Instancia de respuesta de la producción**

RESPUESTA DE LA PRODUCCIÓN	
Nombre del Atributo	Valor
ID	RP-Tulcan-2008-11-01
Solicitud de producción	-
Regla de producción del producto	-
Tiempo Inicio	2008-11-01T06:00:00
Tiempo Finalización	2008-11-02T06:00:00

Tabla 115: Instancia de respuesta de producción, planta Tulcán



- **Instancia de respuesta del segmento**

<b>RESPUESTA DEL SEGMENTO</b>	
<b>Nombre Atributo</b>	<b>Valor</b>
ID	RS-Tulcán-2008-11-01
Segmento de proceso	Producción diaria
Descripción	Producción diaria, contiene información del personal, material y equipos empleados, así como del material producido.
Tiempo de inicio	2008-11-01T06:00:00
Tiempo de finalización	2008-11-02T06.00:00

**Tabla 116: Instancia de respuesta del segmento, planta Tulcán**

- **Instancia de material producido**

<b>MATERIAL PRODUCIDO</b>	
<b>Nombre del Atributo</b>	<b>Valor</b>
Clase de Material	Agua
Definición de Material	Agua tratada
Lote de Material	-
Sub-Lote de Material	-
Descripción	Producción diaria, volumen de agua tratada
Localización	Tanque de almacenamiento
Cantidad	20720000
Unidad de Medición de la Cantidad	Litros

**Tabla 117: Instancia de material producido, planta Tulcán**

- **Instancias de propiedad de material producido**

<b>PROPIEDAD DE MATERIAL PRODUCIDO</b>			
<b>Nombre de la propiedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad Medición Valor</b>
Color Verdadero	Color (promedio) en el agua debido a la presencia de metales, materia orgánica u otras sustancias disueltas o suspendidas en ella.	1	Ppm
Turbiedad	Apariencia (promedio) del agua no translúcida, debida a la presencia de material en suspensión que obstruye el paso de la luz	1	NTU
pH	Define el nivel de acidez promedio del material producido	7.6	-

**Tabla 118: Instancias de propiedad de material producido, planta Tulcán**

- **Instancias de material consumido**

MATERIAL CONSUMIDO							
Clase de Material	Definición de Material	Lote de Material	Sub-Lote de Material	Descripción	Localización	Cantidad	Unidad de Medición
Coagulante	Sulfato Aluminio	LMSA-51	-	Coagulante empleado para acelerar la precipitación partículas suspendidas y coloides presentes en el agua.	Vertedero	47	Kg
Modificador de pH	Cal	LMCC-35	-	Sustancia empleada para mantener el pH del agua en niveles óptimos (7.2-7.6)	Zona de desinfección	23	Kg
Desinfectante	Cloro	LMCL-40	-	Agente con propiedades germicidas y bactericidas empleado para eliminar organismos patógenos	Zona de desinfección	28	Litros

**Tabla 119: Instancias de material consumido, planta Tulcán**

## 6 ANEXO F

### 6.1 FORMALISMOS DE REPRESENTACIÓN BASADOS EN LÓGICA

Como se mencionó anteriormente, un aspecto característico de las ontologías es la conceptualización que pretenden representar empleando algún tipo de lenguaje formal que permita procesar dicha conceptualización a nivel computacional, y a la vez permita la derivación de nuevo conocimiento a partir del conocimiento definido de manera explícita [14]

En este sentido los lenguajes formales basados en lógica, los cuales han sido estudiados extensamente en las áreas de las bases de datos e Inteligencia Artificial, constituyen un medio idóneo para llevar a cabo dicha representación debido principalmente a los siguientes factores [14][15][16]

- Al estar basados en lógica resultan apropiados para su implementación a nivel computacional.
- Poseen una sintaxis claramente definida para la construcción de sentencias.
- Disponen de una semántica que establece el significado preciso de cada sentencia. En este contexto “preciso” significa que la semántica está dada de una forma tal que sólo admite una interpretación por parte de diferentes agentes (software o humanos).
- Cuentan con procedimientos de inferencia que determinan qué sentencias pueden deducirse a partir de las descripciones realizadas de manera explícita. En el área de de las ontologías, el proceso de derivar deducciones válidas es comúnmente conocido como “razonamiento”.

Ahora bien, de los formalismos lógicos que permiten la representación de conocimiento se destacan principalmente los basados en la lógica de primer orden (FOL, *First Order Logic*) y en la lógica descriptiva (DL, *Description Logic*), los cuales se han constituido en la base de los más importantes “lenguajes ontológicos”[17]

### 6.1.1 Lógica de primer orden

La lógica de primer orden o también llamada “lógica de predicados” constituye el más importante formalismo de representación de conocimiento. Esto debido básicamente al hecho de que cualquiera de los actuales formalismos de representación de conocimiento puede ser entendido con base en su relación con la lógica de primer orden [18]

Los elementos básicos de la lógica de primer orden son las constantes (las cuales se pueden ver como objetos dentro de un dominio), funciones y predicados (los cuales se pueden tomar como relaciones sobre el dominio). Las constantes, funciones y predicados se combinan con variables y conectores lógicos para obtener fórmulas, las cuales pueden ser vistas como sentencias. De esta forma, el valor de dichas sentencias (verdadero o falso) dependerá del dominio que pretenden describir [14] [18].

La lógica de primer orden es inherentemente un lenguaje demasiado expresivo; de hecho el lenguaje es tan expresivo que el razonamiento con el lenguaje es en general muy complicado, además de que resulta ser semi-decidible [14].

La decidibilidad de un lenguaje garantiza que un algoritmo de deducción (o razonamiento) siempre retorna una respuesta en un tiempo finito. La semidecidibilidad genera una situación de incertidumbre, debido al hecho de que no se puede tener la certeza de que un algoritmo que se ha estado ejecutando durante una cantidad de tiempo pueda devolver algún tipo de

respuesta [18].

Por esta razón, varios subconjuntos decidibles de la lógica de primer orden han sido investigados, siendo el más notable para la descripción de ontologías la lógica de descriptiva [14].

### **6.1.2 Lógica Descriptiva (DL)**

La lógica descriptiva (DL), anteriormente conocida como lógica terminológica, es una familia de lenguajes de representación de conocimiento conformados por dos elementos principales denominados TBox y ABox.

TBox contiene las definiciones de los conceptos y roles, que constituyen el denominado “conocimiento intencional”; por su parte, ABox contiene las definiciones de individuos, o también llamado “conocimiento extensional”. Por lo tanto, los sistemas basados en lógica de descripción se valen de tres elementos para representar los componentes de una ontología, los cuales son: conceptos, roles e individuos. Los conceptos representan clases de objetos, los roles describen relaciones entre conceptos y los individuos representan instancias de las clases con sus respectivos valores característicos [[17]

El aspecto más importante del uso de un formalismo basado en lógica para la representación de ontologías es el hecho de que brinda una serie de servicios de razonamiento o de inferencia. En el caso de la lógica descriptiva, los servicios que implementan los denominados motores de inferencia o razonadores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Chequeo de instancia, el cual permite verificar si un individuo determinado es una instancia de una clase (concepto) en particular. Por ejemplo, si  $x$  es una instancia de una clase  $C$  y  $C$  es una subclase de  $D$ , entonces se puede inferir que  $x$  es una instancia de  $D$  [14][19]
- Equivalencia entre clases, el cual permite establecer a partir de las

descripciones realizadas dentro de la ontología, si dos clases son equivalentes. Por ejemplo, si la clase A es equivalente a la clase B y la clase B a su vez es equivalente a la clase C, entonces se puede inferir que A también es equivalente a C [14].

- Chequeo de consistencia, el cual verifica para cada concepto, a partir de su descripción dentro de la ontología, si es posible que dicho concepto pueda tener al menos una instancia. De no ser así, su aporte dentro de la conceptualización que pretende capturar la ontología sería nulo y sería equivalente una clase nula [14][19][21].
- Clasificación, el cual permite determinar los conceptos padre e hijo para cada concepto, a partir de los cuales se construye una jerarquía inferida de conceptos [18][19][22].

El razonamiento automático resulta de gran utilidad sobre todo en los casos en los que se diseñan ontologías de grandes proporciones, en las que intervienen varios autores; y al compartir e integrar ontologías provenientes de distintas fuentes, lo cual evidentemente sería una labor tediosa si se llevase a cabo de manera manual [14].

Cabe mencionar que uno de los aspectos de la amplia adopción de los lenguajes basados en DL para la formalización de ontologías radica en el nivel de madurez que ha alcanzado este formalismo de representación [16][23][25][24]; Además de esto, otra importante característica de los procedimientos de razonamiento que implementan los lenguajes basados en lógica descriptiva es que dichos procedimientos son “válidos” e “íntegros” con respecto a la semántica especificada, es decir, que todas las sentencias que se puedan inferir de la ontología son verdaderas (validez) y, dada una ontología, si existe una sentencia que sea verdadera, entonces dicha sentencia puede ser inferida (integridad) [25]

Por estos motivos, la lógica descriptiva ha constituido la base de varios

lenguajes ontológicos, siendo cronológicamente los más destacados OIL, DAML+OIL, y OWL [24]. OIL (Ontology Interchange Language) fue desarrollado en el contexto del proyecto IST On-To-Knowledge. El lenguaje combina primitivas de modelamiento ampliamente usadas en los lenguajes basados en frames con semántica formal y servicios de razonamiento proporcionados por la lógica descriptiva [26][27]. DAML+OIL, el sucesor de OIL, incorpora primitivas de modelado de mayor riqueza que le permiten representar conceptos, taxonomías, relaciones binarias, funciones e instancias [26]. Actualmente estos dos lenguajes no cuentan con un soporte activo, por lo que cada vez son menos empleados [27]. Finalmente, en 2001, el W3C (World Wide Web Consortium) constituyó un grupo denominado Web Ontology (WebOnt) Working Group. El propósito de dicho grupo fue crear un nuevo lenguaje ontológico que sirviera de soporte a la denominada Web Semántica), llamado OWL (Ontology Web Language). Este lenguaje desde Febrero de 2004 constituye una recomendación por parte del W3C [27].

A continuación se describirán los aspectos más relevantes de dicho lenguaje y las razones por las cuales se ha convertido en el principal lenguaje para la representación de ontologías en la actualidad.

### **6.1.3 OWL**

Es una familia de tres lenguajes de ontológicos, desarrollados por el W3C como parte de las actividades de la Web Semántica. Creado con el propósito de brindar un lenguaje que permitiera emplearse en aplicaciones que requiriesen procesar el contenido de la información, en lugar de solo presentarla a las personas [28].

El lenguaje hace parte del siguiente conjunto de recomendaciones desarrollados por el W3C [28].

- XML, el cual es un lenguaje que proporciona una sintaxis para documentos estructurados, pero sin imponer restricciones semánticas



acerca del significado de dichos documentos.

- XML Schema, el cual es lenguaje para restringir la estructura de documentos XML y adicionalmente extender el lenguaje XML con tipos de datos (enteros, cadena, reales, etc.).
- RDF, es un lenguaje para la representación de objetos (denominados “recursos”) y sus relaciones, empleando para ello una semántica simple. RDF Schema es un vocabulario para describir propiedades y clases de recursos RDF, con una semántica para el establecimiento de jerarquías de clases y propiedades.

El soporte brindado por las anteriores recomendaciones ha permitido que OWL incorpore un mayor conjunto de elementos que le permiten expresar de una mejor manera el significado y semántica en relación con XML, RDF y RDFS [28]. De esta forma, OWL va más allá que dichos lenguajes en la capacidad de representar conocimiento que sea computacionalmente interpretable [28]. Para ser más exactos, en comparación con sus predecesores DAML+OIL y RDF, OWL adiciona un mayor vocabulario que permite:

- Establecer expresiones empleando combinaciones booleanas entre clases, como lo son la unión, el complemento y la intersección.
- Definir axiomas entre conceptos tales como: clases excluyentes y equivalentes.
- Especificar propiedades (relaciones binarias) como transitivas, funcionales o simétricas.
- Determinar la cardinalidad de una propiedad.
- Definir unas clases a partir de sus instancias permitidas (clase enumerada)

Aunque OWL fue inicialmente diseñado para el uso en la Web Semántica, rápidamente se ha convertido en un estándar de hecho para el desarrollo de ontologías en general [29][30]. Ontologías codificadas en OWL están siendo desarrolladas y/o utilizadas en diversas áreas como e-Science, medicina, biología, geografía, astronomía, defensa y en la industria automotriz y aeroespacial. Aunque esto representa un gran logro de OWL, el uso extendido del lenguaje también ha revelado las deficiencias en el diseño original, lo que ha conducido a la demanda de extensiones del lenguaje, con respecto a propiedades, número de restricciones y valores de los tipos de datos [29][30]

Como ya se mencionó, el W3C ha desarrollado tres versiones de OWL, las cuales se diferencian entre sí por el nivel de expresividad que proporcionan al usuario [31] [28]:

- OWL Full es el lenguaje dentro de la familia OWL que permite la máxima expresividad, debido a que permite combinar de forma arbitraria las primitivas del lenguaje OWL con RDF y RDF Schema y alterar su significado predefinido. Por ejemplo, en OWL Full una clase puede tratarse simultáneamente como una colección de individuos y como un individuo. Sin embargo, estas libertades hacen que el lenguaje se torne indecidible, lo cual impide que se pueda tener un razonamiento completo (o eficiente) sobre el lenguaje [32][18][23][28]
- OWL DL (denominado así por su correspondencia con la Lógica Descriptiva) suministra todos los constructores del lenguaje OWL (al igual que OWL Full), con algunas restricciones en su uso que garanticen que el lenguaje sea decidible [28]. Las restricciones impuestas básicamente son las siguientes [28] [31][33]:
  - Las clases no pueden ser individuos ni propiedades, y las propiedades no pueden ser individuos o clases.

- Las propiedades deben ser de tipo objeto o de tipo dato, pero no ambas. Una propiedad de tipo de datos es una relación binaria que asocia un individuo de una clase a un valor (o valores) de los tipos de datos estándares definidos dentro de XML Schema, tales como entero, real o cadena. Una propiedad objeto relaciona individuos pertenecientes a la misma o a una clase distinta.

La imposición de dichas restricciones se fundamenta en el trabajo relacionado con los razonadores en el campo de la lógica descriptiva, los cuales requieren de este tipo de restricciones para proporcionar procedimientos de razonamiento decidibles [34].

- OWL Lite es un lenguaje menos expresivo de la familia OWL, debido a que soporta un subconjunto de constructores del lenguaje OWL. A través de OWL Lite, el usuario puede definir jerarquías de clases además de restricciones simples. Por ejemplo, en el caso de restricciones de cardinalidad, en las cuales su valor puede ser 0 o 1, [34][28] OWL Lite al ser un sublenguaje de OWL DL mantiene las mismas restricciones sobre los constructores, garantizando con ello procedimientos de razonamiento decidibles [34]

Con base en los aspectos anteriormente presentados se puede establecer que OWL DL es el lenguaje dentro de la familia OWL que presenta mejores prestaciones debido a que proporciona todos los constructores del lenguaje OWL para la construcción de una ontología, y debido a su relación con la lógica descriptiva es posible aplicar los servicios de razonamiento descritos anteriormente (chequeo de instancia, equivalencia entre clases, chequeo de consistencia, clasificación), los cuales han sido ampliamente estudiados en dicha área [18]. Razones suficientes por las cuales dicho lenguaje será el empleado para la implementación del prototipo basado en ontologías que pretende realizar este trabajo.

Finalmente, debido a que OWL DL un lenguaje formal, su especificación debe

contar con una serie de elementos propios de este tipo de lenguajes, como lo son la sintaxis abstracta, semántica, sintaxis concreta y sintaxis de serialización [35]. A continuación se presentará de manera general cada uno de estos elementos y su definición por parte del W3C para este caso particular.

- La sintaxis abstracta, en términos generales define de forma abstracta los tipos de elementos principales que constituyen el lenguaje y las reglas que permiten combinarlos con el fin de formar expresiones [36][37]. En este sentido la sintaxis abstracta de OWL [38] cuenta con un estilo basado en *frames* que la hacen compacta y legible para las personas [16][39]
- La sintaxis concreta tiene como objeto representar los elementos y combinaciones comprendidos de una forma textual o gráfica, que pueda ser interpretada y utilizada por los usuarios del lenguaje [36][37][40][42]

Por otra parte debido a que una ontología OWL está conformada por un conjunto de tripletas RDF [34], dicha ontología puede representarse en diferentes sintaxis concretas que resulten formalmente equivalentes a la sintaxis abstracta [34][40]. Dentro de las sintaxis disponibles para este propósito se encuentran la sintaxis Turtle, N3, N-triples, y la basada en XML denominada RDF/XML [23]. Esta última corresponde a la sintaxis normativa establecida por el W3C para el intercambio de ontologías OWL en la Internet [38].

De esta manera W3C ha sugerido una sintaxis independiente de RDF(S), denominada “sintaxis de presentación OWL XML”, la cual proporciona un formato XML más compacto y claro para las representaciones de ontologías OWL, que el brindado por la sintaxis normativa RDF/XML [42]. La sintaxis de serialización tiene como objetivo transformar las expresiones del lenguaje en una forma que permita su persistencia o intercambio entre herramientas [36]. En el caso del lenguaje OWL esta funcionalidad es proporcionada por las sintaxis concretas mencionadas anteriormente.

Finalmente, la semántica de un lenguaje define el significado de los elementos que lo componen [36]. Ésta es una de las características fundamentales de un lenguaje formal, debido a que la definición explícita acerca del significado de las expresiones compuestas por elementos individuales permite que sea procesado a nivel computacional [36]. En el caso de OWL DL su semántica viene determinada por la lógica descriptiva [18][32][36].

A continuación se presentan algunos de los constructores que provee el lenguaje para la especificación de conceptos, instancias, relaciones y axiomas (restricciones) que proporciona la familia de lenguajes OWL.

OWL Lite	
CONSTRUCTOR	DESCRIPCION
owl:Ontology	Indica el URIref de la ontología.
owl:Imports	Indica la importación de una ontología.
owl:versionInfo	Información referente a la versión de la ontología.
owl:priorVersion	Información referente a la versión anterior de la ontología.
rdfs:label rdfs:comment	Indican propiedades de anotación.
owl:ObjectProperty	Define una relación binaria entre el conjunto de instancias de dos clases.
owl:DatatypeProperty	Define una relación binaria entre el conjunto de instancias de una clase y un conjunto de instancias de un tipo de dato.
rdfs:domain	Declara el dominio de una propiedad.
rdfs:range	Declara el rango de una propiedad.
rdfs:subPropertyOf	Declara que una propiedad es un subconjunto de otra.
owl:equivalentProperty	Define la equivalencia entre dos propiedades.
owl:inverseOf	Declara que una propiedad es inversa a otra.
owl:TransitiveProperty	Declara que una propiedad es transitiva.
owl:SymmetricProperty	Declara que una propiedad es simétrica.
owl:FunctionalProperty	Declara que una propiedad es funcional.

owl:Class	Define una clase.
owl:Thing	Superclase de todas las clases OWL (la clase que contiene a todos los objetos).
owl:Nothing	Representa el conjunto vacío.
owl:Restriction onProperty	Define una restricción sobre una propiedad.
owl:someValuesFrom	Establece una restricción existencial para las clases C y D, y la propiedad P, en la cual se requiere que cada instancia c de C deba tener al menos una ocurrencia de la propiedad P cuyo valor es una instancia de D.
owl:allValuesFrom	Establece una restricción universal para las clases C y D, y la propiedad P, en la cual dada una instancia c de C, si c tiene una ocurrencia de una propiedad P cuyo valor es d, entonces d debe ser una instancia de D.
owl:Cardinality	Especifica el número exacto de ocurrencias de la propiedad P que cada instancia de C debe tener. OWL Lite solo permite valores de 0 o 1.
owl:minCardinality	Especifica el número mínimo de ocurrencias de la propiedad P que cada instancia de C debe tener. OWL Lite solo permite valores de 0 o 1.
owl:maxCardinality	Especifica el número máximo de ocurrencias de la propiedad P que cada instancia de C puede tener. OWL Lite solo permite valores de 0 o 1.
rdfs:subClassOf	Especifica que una clase es subclase de otra.
owl:equivalentClass	Establece la equivalencia entre dos clases.
owl:equivalentProperty	Establece la equivalencia entre dos propiedades.
owl:intersectionOf	Establece la intersección entre clases.
owl:sameAs	Declara que dos URIs hacen referencia al mismo individuo
owl:differentFrom	Declara que dos URIs hacen referencia a diferentes individuos.
owl:AllDifferent	Declara que varios URIs denominan diferentes individuos.

<i>xsd datatypes</i>	El rango de una propiedad de tipo de dato (datatype) se toma del conjunto de datos definidos en el esquema XML (por ejemplo xsd:integer, xsd:float, xsd:string, xsd:boolean, xsd:time, etc.).

**Tabla 120: Constructores OWL Lite**

Adicional a los constructores anteriormente presentados, OWL DL y OWL Full adicionan entre otras el siguiente conjunto de primitivas para la representación de ontologías.

OWL DL y OWL FULL	
CONSTRUCTOR	DESCRIPCION
owl:cardinality owl:minCardinality owl:maxCardinality	Tienen el mismo significado que en OWL Lite, con la excepción de que en OWL DL el valor de la cardinalidad puede ser cualquier entero positivo.
owl:hasValue	Restricción que impone limitaciones sobre los valores que las ocurrencias que una propiedad de una clase puede tomar.
owl:unionOf owl:complementOf owl:intersectionOf owl:disjointWith	Permiten crear expresiones, cuando se utilizan junto con clases.
owl:dataRange	Define un conjunto de valores de un determinado tipo de dato

**Tabla 121: Constructores adicionales OWL DL y OWL Full**

## 6.2 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE ONTOLOGÍAS

En los últimos años, en el seno de la comunidad ontológica se han venido desarrollando un gran número de herramientas y entornos de desarrollo de ontologías que permiten brindar el soporte adecuado a las diferentes actividades comprendidas dentro del ciclo de vida ontológico [43][44].

En la literatura aparecen trabajos interesantes como los presentados en [43] y en [45], en los cuales se realiza una comparación entre las herramientas de edición de ontologías, y más recientemente en [14], donde se presentan, entre otros, los resultados (Figura 2.2) de una encuesta en materia de preferencias de uso de los editores de ontologías entre un conjunto de entidades y personas involucradas en la investigación académica e industrial.

De la Figura se puede apreciar claramente que Protégé-2000 es el editor más empleado por parte del grupo de usuarios encuestados, seguido en porcentajes similares y menos considerables por editores como SWOOP, OntoEdit y Altova Semantic-Works, entre otros. Cabe señalar que en las herramientas anteriormente mencionadas, el entorno OntoEdit es el único que emplea a Flogic como lenguaje para la representación de ontologías a diferencia de las otras que utilizan a OWL para el mismo propósito.

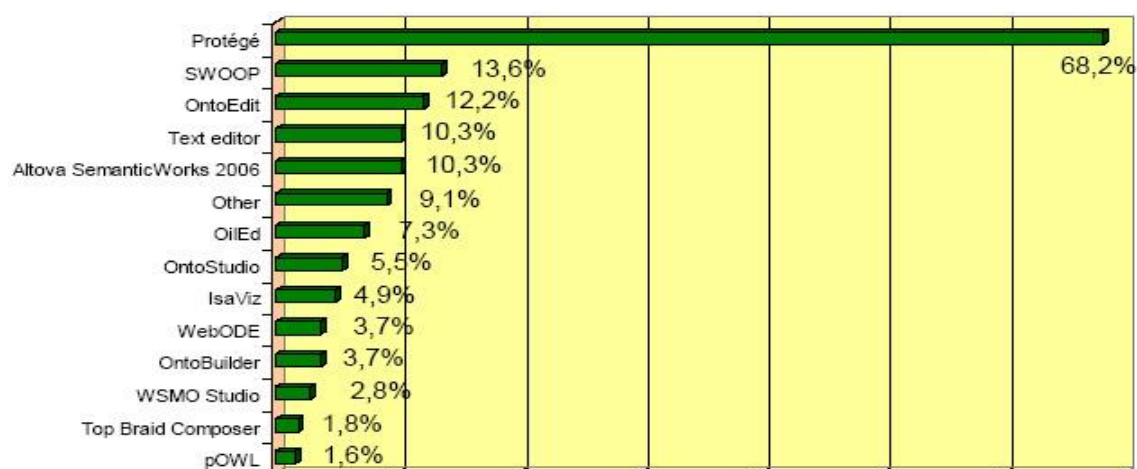


Figura 50: Tendencias en la utilización de editores de ontologías [60]



Con base en los trabajos presentados en [43] y [46], a continuación se describirá el conjunto de criterios de comparación que se consideraron apropiados para los propósitos de este trabajo.

### 6.2.1 Criterios de selección

- Descripción general de la herramienta, la cual incluye información acerca de sus desarrolladores, versión estudiada y tipo de licencia.
- Arquitectura software y evolución de la herramienta, la cual incluye información acerca de la arquitectura de la herramienta (independiente, cliente/servidor, aplicación de n-hilos), cómo puede extenderse la herramienta con otras funcionalidades y/o módulos, cómo se almacenan las ontologías (bases de datos, archivos de texto, etc.).
- Formatos soportados por la herramienta, la cual incluye información acerca de los formatos que soporta la herramienta para importar y exportar ontologías OWL.
- Servicios de Inferencia, incluye información acerca de los motores de inferencia internos o externos de que pueda hacer uso la herramienta. Además de esto se analiza si la herramienta realiza chequeos de consistencia, clasificación automática, verificación de equivalencia entre clases y chequeos de instancia.
- Facilidades gráficas para la edición, aquí se incluye información referente al soporte brindado en materia de taxonomías gráficas (de conceptos y propiedades) y visualización gráfica de la ontología construida.
- Recursos que soporten la edición, aquí se incluyen los manuales de usuario, tutoriales, librerías de ontologías y listas de correo de usuarios

que dispone la herramienta para brindar ayuda a sus usuarios en el proceso de edición.

Una vez establecidos los anteriores criterios, las siguientes tablas resumen de manera comparativa el soporte que brinda cada uno de los editores estudiados (subconjunto de editores más empleados de acuerdo con [14]) a cada uno de aspectos, lo cual permitirá establecer de forma precisa cuál es la herramienta más apropiada para la formalización del modelo ontológico que aborda este proyecto.

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Desarrolladores	SMI, Universidad de Stanford	Mindswap, Universidad de Maryland	Altova
Versión revisada	3.3.1	2.3 <sup>10</sup>	Altova Semantic-Works 2008
Licencia	Software libre	Software libre	Shereware

**Tabla 122: Información general de la herramienta**

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Arquitectura software	Independiente (stand-alone)	Independiente (stand-alone)	Independiente (stand-alone)
Extensibilidad	Plug-ins	Plug-ins	Ninguna
Almacenamiento de la ontología	Archivo	Archivo	Archivo

**Tabla 123: Arquitectura software y evolución de la herramienta**

De la información anteriormente presentada, se puede ver que Protégé es el editor que en términos generales es el que resulta más completo en materia de funcionalidad y de soporte que brinda al usuario.

<sup>10</sup> Última versión publicada hasta Agosto del 2007

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Importa desde Formato	RDF/XML	RDF/XML	RDF/XML, N-triples
Exporta hacia Formato	N3, N-triples, Turtle	-	XML, N-triples

**Tabla 124: Formatos soportados para importar y exportar**

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Motor de inferencia interno	NO	Pellet	NO
Motor de inferencia externo	SI (interfaz DIG <sup>11</sup> )	NO	NO
Chequeo de consistencia	SI	SI	NO
Clasificación automática	SI	SI	NO
Equivalencia entre clases	SI	SI	NO
Chequeo de instancia	SI	NO	NO

**Tabla 125: Servicios de Inferencia**

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Taxonomía gráfica	SI	SI	NO
Visualización gráfica de la ontología	SI	NO	SI

**Tabla 126: Facilidades gráficas para la edición**

Característica	Protégé-OWL	SWOOP	Altova Semantic-Works
Manuales de Usuario	SI	NO	SI
Tutoriales	SI	NO	SI
Lista de correo activa	SI	NO	NO
Librería de ontologías	SI	SI	NO

**Tabla 127: Recursos que soportan la edición**

En materia de funcionalidad, la arquitectura basada en componentes permite al usuario emplear una gran cantidad de componentes organizados en categorías

<sup>11</sup> DIG (Description Logic Implementers Group) - La interfaz DIG proporciona un mecanismo neutral para acceder la funcionalidad de un razonado basado en Lógica Descriptiva.

como: importación, exportación, visualización, inferencia, navegación, validación, búsqueda y administración de proyectos, entre otras. Esto no sucede con la herramienta SWOOP, cuya funcionalidad no pudo extenderse luego de un conjunto de pruebas con plug-ins de terceras partes, por lo cual sólo se logró examinar la funcionalidad de los plug-ins por defecto de la distribución, dentro de los cuales se encuentra el razonador Pellet, los plug-ins de presentación para desplegar la ontología OWL en diferentes sintaxis (sintaxis abstracta, RDF/XML y Turtle) y el plug-in Annotea para el desarrollo colaborativo de ontologías.

Adicional a esto, al disponer de una interfaz DIG, Protégé brinda flexibilidad en materia de servicios de inferencia, al permitir que el usuario emplee un determinado razonador, ya sea por motivos de desempeño o disponibilidad.

Por otra parte, en materia de interfaz de usuario, Protégé subdivide el proceso de edición dentro de pestañas, cada una de las cuales hace referencia a cada uno de los elementos de una ontología, por lo que su uso resulta intuitivo, lo cual lleva a que el proceso de edición sea más fácil y rápido en comparación con las otras herramientas.

Con base en los aspectos anteriormente presentados, es claro que el editor de ontologías Protégé es el que resulta más adecuado para llevar a cabo el proceso de construcción de una ontología en general (lo cual corrobora la tendencia de uso presentada en [14]), por lo tanto dicha herramienta será la seleccionada para emplearse con dicho propósito dentro de este proyecto.

### **6.2.2 APIs de desarrollo**

Una vez culminada la etapa de implementación dentro del proceso de desarrollo de una ontología, para que dicha ontología pueda emplearse dentro de una aplicación es necesario disponer de algún tipo de herramienta que permita manipular y recuperar la información contenida dentro de ella. En este sentido varias APIs (o librerías) se han venido desarrollando, entre las cuales

se destacan principalmente la API OWL<sup>12</sup>, JENA2<sup>13</sup>, y KAON2<sup>14</sup> [61][62][20], las cuales cuentan con mecanismos que permiten al desarrollador realizar las siguientes tareas [18]:

- Parseo(Proceso de analizar una secuencia de símbolos a fin de determinar su estructura gramatical) y serialización de ontologías OWL.
- Manipulación de ontologías en memoria.
- Razonamiento, ya sea empleando algoritmos de inferencia internos, o a través de razonadores externos con los que se pueda integrar.

Ahora bien, teniendo como punto de partida este subconjunto de herramientas, es necesario establecer algunos aspectos que permitan valorar de forma comparativa cada una de las herramientas con el fin seleccionar la más adecuada. Teniendo como base el estudio realizado en [47], a continuación se presenta los criterios de comparación que se consideran más relevantes para este caso particular.

- **Formatos de serialización soportados:** Formatos de serialización soportados para la lectura y escritura de modelos OWL (distintas sintaxis de serialización OWL).
- **Almacenamiento del modelo:** Lista de las alternativas de almacenamiento. Las posibles opciones son:
  - Memoria, si los modelos son almacenados en memoria y tienen que serializarse (por ejemplo a XML/RDF o N3) para que sean persistentes.
  - Archivo, si la herramienta almacena el modelo en su formato propietario.

---

<sup>12</sup> <http://owl.man.ac.uk/api.shtml>

<sup>13</sup> <http://jena.sourceforge.net/>

<sup>14</sup> <http://kaon2.semanticweb.org/>

- DB, si la herramienta soporta el almacenamiento del modelo en una base de datos relacional estándar.
- **Bases de datos soportadas:** Bases de datos relacionales soportadas, para el almacenamiento persistente de modelos OWL.
- **Lenguajes de consulta:** Lenguajes soportados que permiten realizar consultas sobre un modelo OWL.
- **Soporte de razonamiento:** Lenguajes ontológicos sobre los cuales la herramienta permite inferir expresiones implícitas.
- **Lista de correo activa:** Indica si la herramienta cuenta con una lista de correo activa que sirva de soporte a los desarrolladores.
- **Documentación proporcionada:** Lista de los recursos de documentación que proporciona la herramienta con el fin de facilitar el uso de la misma.
- **Otras características:** Características adicionales de la herramienta, que no están comprendidas dentro de las otras categorías.

La Tabla 128 presenta los aspectos soportados por cada herramienta. Inicialmente se presentan algunos aspectos generales a cada herramienta (versión analizada, licencia, desarrolladores), para posteriormente abordar los criterios anteriormente descritos.

Con base en los resultados presentados, y un conjunto de pruebas básicas de consulta y de inferencia realizadas empleando las herramientas, se puede establecer que Jena2 es la herramienta más completa en materia de mecanismos para el procesamiento de ontologías, como en el de soporte para el proceso de desarrollo de aplicaciones. Por tal motivo Jena2 será la

herramienta que se empleará como base de la aplicación que permita la integración de información de un proceso productivo a través del modelo ontológico anteriormente desarrollado.

	JENA2	OWL API	KAON2
Versión	2.5.4	2.2.0	2008-06-29
Licencia	BSD	LGPL	Comercial, Gratuita con fines académico
Desarrolladores	Laboratorios HP	Proyecto CO-ODE.	IPE,AIFB e
Formatos de serialización	RDF/XML, Turtle, N-Triples, N3.	RDF/XML, OWL/XML, Turtle.	RDF/XML, OWL/XML
Lenguajes de consulta	SPARQL	Ninguno	SPARQL <sup>15</sup>
Almacenamiento de los modelos	Memoria, Archivo, Base de Datos.	Memoria Archivo	Memoria Archivo
Bases de datos soportadas	MySQL, PostgreSQL, Oracle,MS SQLServer, HSQLDB.	Ninguna	Ninguna
Soporte de razonamiento	OWL-Lite, OWL-DL <sup>16</sup>	OWL-Lite, OWL-DL <sup>17</sup>	OWL-Lite, OWL-DL, SWRL <sup>18</sup>
Lista de correo activa	Si	Si	No
Documentación proporcionada	Tutoriales, Javadoc, Ejemplos	Tutoriales, Javadoc, Ejemplos	Javadoc, Ejemplos

<sup>15</sup> KAON2 no soporta algunos aspectos de la especificación SPARQL, como son el uso de variables en la posición del predicado dentro de una consulta, y las sentencias OPTONAL y GRAPH.

<sup>16</sup> Para un razonamiento completo sobre el lenguaje OWL DL se debe emplear un razonador DL externo tal como Pellet, Racer o FaCT. La interfaz DIG que proporciona Jena permite emplear cualquier razonador que soporte el estándar DIG (*DL Implementation Group*).

<sup>17</sup> A través de interfaces con los razonadores Pellet y FaCT++.

<sup>18</sup> SWRL (Semantic Web Rule Language), es un lenguaje que combina los subconjuntos seguros del lenguaje OWL (OWL Lite y DL), con el lenguaje de reglas RuleML (datalog).

Otras características	<p>El plug-in D2RQ para Jena2 interpreta una serie de mapeos declarados entre las entidades de una ontología y una base de datos relacional, creando con ello una ontología virtual. Dichos mapeos le permiten al plug-in transformar las consultas hechas desde Jena2 en consultas SQL específicas al modelo de datos de la aplicación.</p> <p>Motor de reglas de propósito general<sup>19</sup></p>	<p>KAON2 cuenta con un módulo que interpreta una serie de mapeos declarados entre una ontología y una base de datos relacional, con el fin de desde KAON2 consultar las instancias de cierto concepto almacenadas en dicha base de datos.</p>	
-----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**Tabla 128: Comparación APIs de desarrollo**

<sup>19</sup> El motor de reglas de propósito general de Jena permite realizar inferencias de un modelo OWL, similares a las obtenidas empleando el lenguaje SWRL.



## 7 ANEXO G

### 7.1 DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS

A continuación se presentan todos los diagramas de los modelos formalizados a partir de los modelos conceptuales seleccionados de los estándares ISA-88.00.04 e ISA-95.00.02. La formalización ha sido realizada en el lenguaje OWL-DL a través del editor de ontologías Protégé. Para la visualización de los diagramas se ha empleado el plug-in OntoViz incluido dentro de Protégé. Para que los diagramas sean más fáciles de entender únicamente se muestran las clases y relaciones que componen cada uno de los modelos. No obstante cada clase contiene los atributos (propiedades de tipo de dato) establecidos por el estándar, los cuales han sido descritos en el Anexo G.

### 7.2 DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS A PARTIR DE MODELOS CONCEPTUALES DEL ESTÁNDAR ISA-95.00.02.

#### 7.2.1 Diagrama del modelo de personal formalizado en OWL

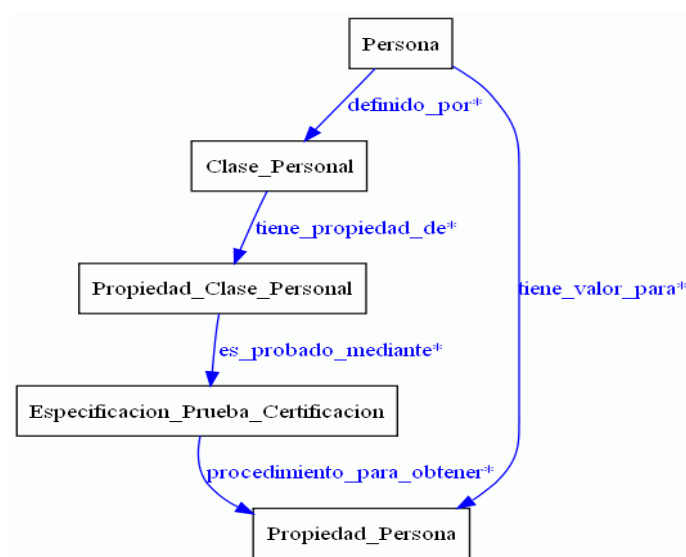


Figura 51: Diagrama del modelo de personal formalizado en OWL

### 7.2.2 Diagrama del modelo de equipo formalizado en OWL

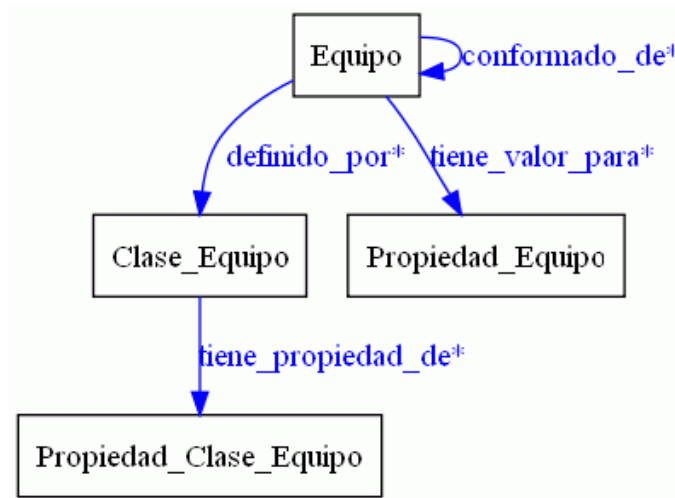


Figura 52: Diagrama del modelo de equipo formalizado en OWL

### 7.2.3 Diagrama del modelo de material formalizado en OWL

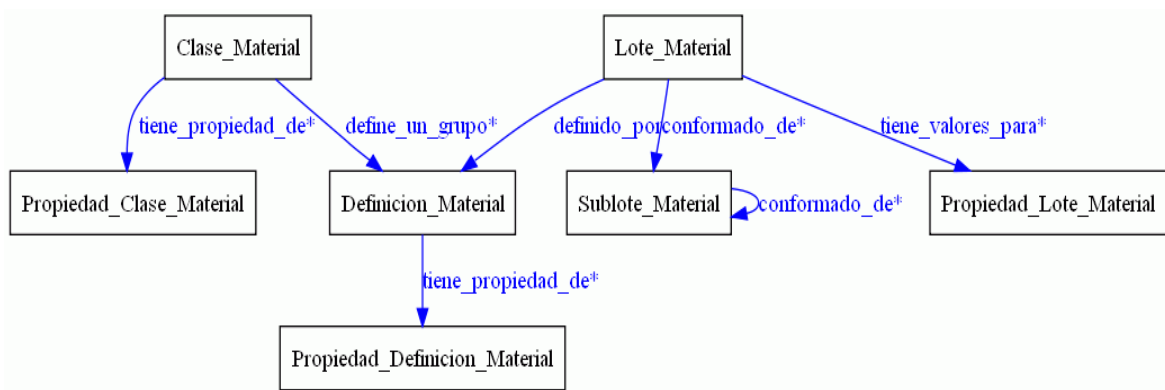


Figura 53: Diagrama del modelo de material formalizado en OWL

### 7.2.4 Diagrama del modelo de segmento de proceso formalizado en OWL

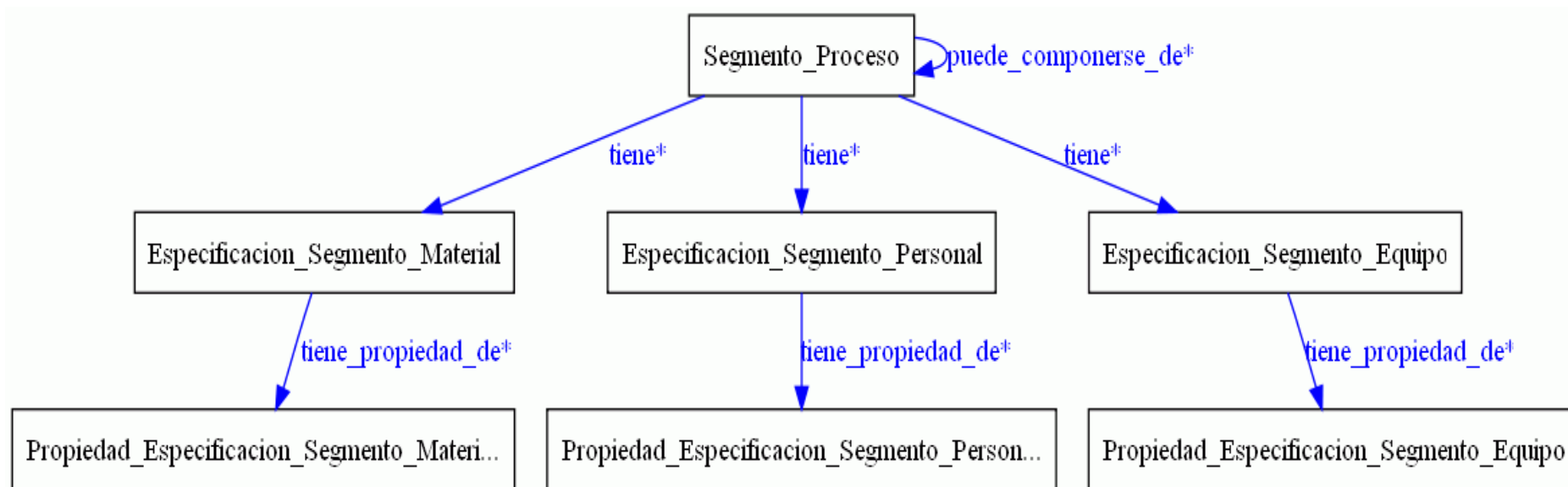


Figura 54: Diagrama del modelo de segmento de proceso formalizado en OWL

### 7.2.5 Diagrama del modelo de desempeño de producción formalizado en OWL

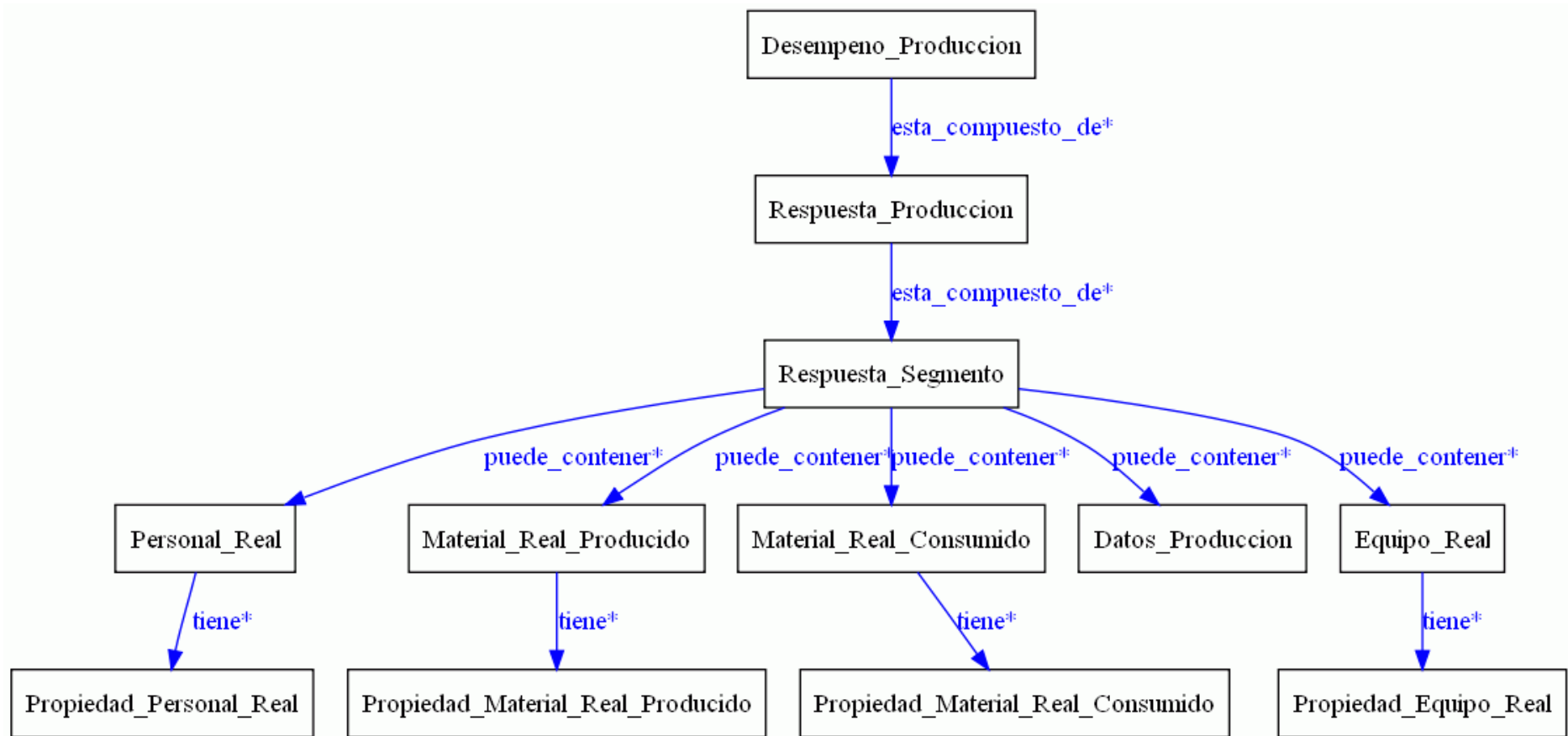


Figura 55: Diagrama del modelo de desempeño de producción formalizado en OWL

### 7.3 DIAGRAMAS DE LOS MODELOS FORMALIZADOS A PARTIR DE MODELOS CONCEPTUALES DEL ESTÁNDAR ISA-88.00.04

#### 7.3.1 Diagrama del modelo de conjunto de datos formalizado en OWL

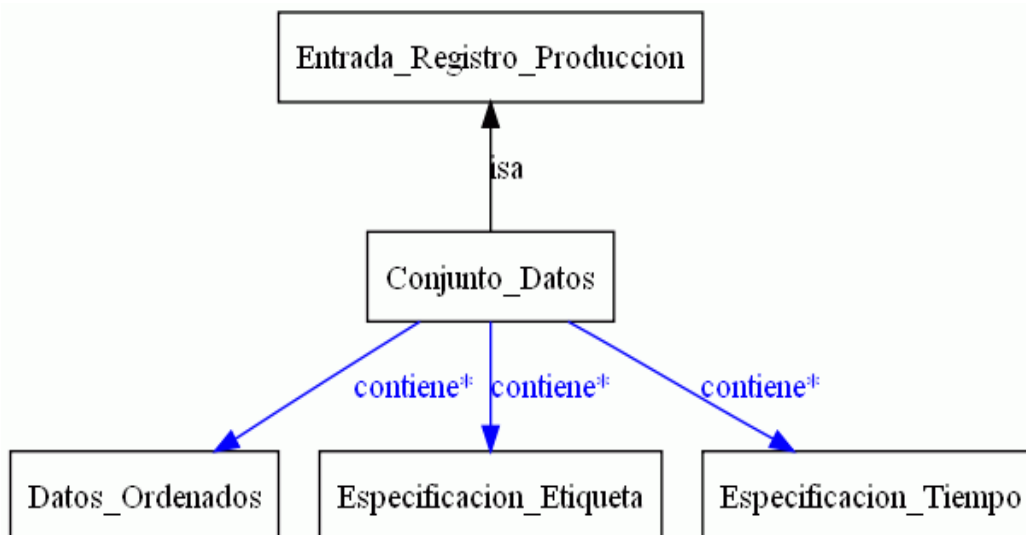


Figura 56: Diagrama del modelo de conjunto de datos formalizado en OWL

#### 7.3.2 Diagrama del modelo de eventos formalizado en OWL

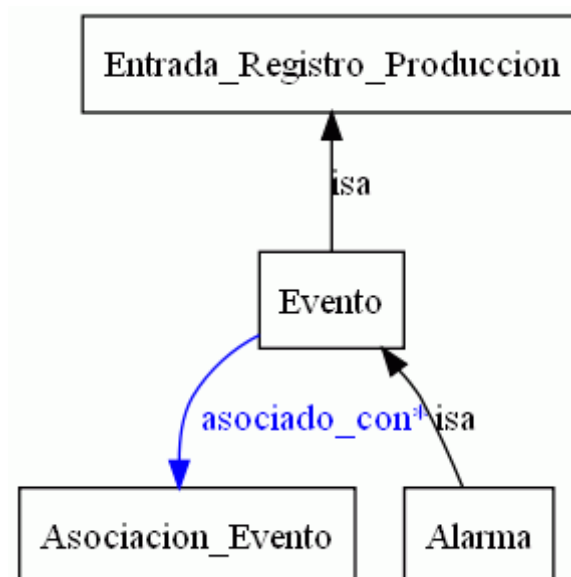


Figura 57: Diagrama del modelo de eventos formalizado en OWL

## 8 ANEXO H

### 8.1 LENGUAJE DE CONSULTAS SPARQL

El lenguaje SPARQL desarrollado por el W3C<sup>20</sup> es un lenguaje de consulta definido en términos del modelo de datos de RDF (grafo), el cual puede emplearse para consultar cualquier fuente de datos que pueda mapearse en términos de RDF (como por ejemplo una ontología en lenguaje OWL) [50].

SPARQL basa la búsqueda de resultados con base en la correspondencia entre patrones de grafo, siendo el patrón de tripleta el caso más simple de grafo, el cual constituye una especie tripleta RDF en la cual cualquiera de sus elementos o términos (sujeto, predicado, objeto) puede ser una variable de búsqueda. Un patrón de grafo de búsqueda coincide con un sub-grafo de datos RDF cuando los términos RDF del sub-grafo pueden substituirse por las variables especificadas y el resultado es un grafo RDF equivalente al patrón de grafo[51].

Hasta ahora el lenguaje cuenta con cuatro maneras de realizar una consulta, las cuales son descritas a continuación:

- **SELECT:** Retorna todas o un conjunto de variables establecidas dentro de un patrón de grafo de consulta.
- **CONSTRUCT:** Retorna un grafo RDF construido a partir de la substitución de variables dentro de una plantilla conformada por tripletas RDF.
- **ASK:** Retorna un valor booleano que indica si un patrón de consulta coincide con un sub-grafo de datos RDF.
- **DESCRIBE:** Retorna un grafo RDF que describe el recurso encontrado.

---

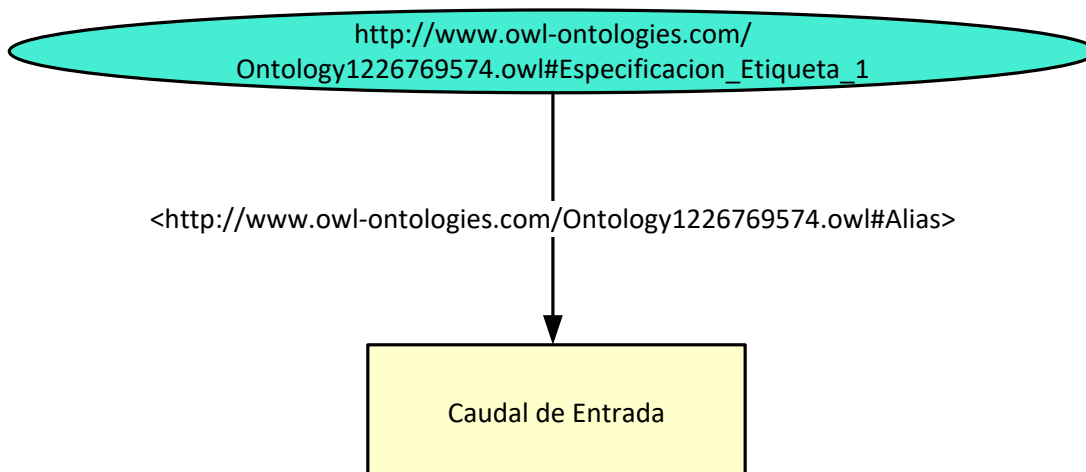
<sup>20</sup> <http://www.w3.org/>

A continuación se muestra un fragmento simplificado de una ontología OWL que muestra el valor cadena "Caudal de Entrada" (objeto literal) del atributo "Alias" (predicado) asociado a "Especificacion\_Etiqueta\_1" (sujeto).

### Datos

```
<http://www.owl-ontologies.com/Ontology1226769574.owl#Especificacion_Etiqueta_1>  
<http://www.owl-ontologies.com/Ontology1226769574.owl#Alias>"Caudal de Entrada"
```

La anterior tripleta se puede representar como un diagrama de nodo y arco de la siguiente manera.



**Figura 58: Diagrama de nodo y arco**

Con base en la anterior tripleta, el siguiente ejemplo muestra una consulta sencilla SPARQL de tipo SELECT para encontrar el valor del Alias de la entidad "Especificacion\_Etiqueta\_1".

## Consulta

```
PREFIX pref:<http://www.owl-ontologies.com/Ontology1226769574.owl#>
SELECT ?alias
WHERE
{
  pref:Especificacion_Etiqueta_1    pref:Alias    ?alias .
}
```

Cuya ejecución en cualquier motor de consultas que soporte el lenguaje SPARQL daría como resultado el literal "Caudal de Entrada".

La anterior consulta está conformada por una cláusula SELECT seguida de las variables de búsqueda (precedidas por el signo de interrogación), y la cláusula WHERE, que proporciona el patrón de grafo básico que se empleará para compararse contra los datos. El patrón de grafo básico en este ejemplo consiste en una tripleta con una única variable (?alias) situada en la posición del objeto. En el ejemplo anterior se puede ver el uso de la palabra clave PREFIX que se emplea como mecanismo para definir el prefijo (nombre antes del signo :) de un espacio de nombre, para que puedan emplearse para formar el patrón de grafo básico dentro de la consulta y facilitar con ello la escritura de las mismas [51].

## 8.2 MOTOR D2RQ

EL motor D2RQ es un plug-in que se puede emplear dentro de la API de Jena2. El motor hace uso del lenguaje de mapeo D2RQ, el cual se emplea para describir la relación entre una ontología y un modelo de datos relacional. El lenguaje cuenta con un gran conjunto de constructores, entre ellos d2rq:ClassMap y d2rq:PropertyBridge, para realizar la labor de enlace. ClassMap permite realizar el mapeo entre una clase (owl:Class) de una



ontología y tabla de una base de datos. PropertyBridge, por su parte, permite definir el mapeo entre una propiedad de tipo de datos (owl:DatatypeProperty) y una columna de una tabla o de una propiedad que relaciona objetos (owl:ObjectProperty) hacia dos columnas de dos tablas diferentes o columnas de una misma tabla que se empleen para almacenar las relaciones entre individuos [52].

Mediante la interpretación de las relaciones o mapeos establecidos entre una ontología y una base de datos, el motor d2rq puede reescribir las solicitudes que se realicen sobre la API de Jena en consultas SQL contra una base de datos y enviar los resultados hacia las API para su posterior procesamiento [52].

La Figura 44 muestra un ejemplo donde se realiza el mapeo entre la clase “Evento” contenida dentro del modelo ontológico y la tabla “Eventos” perteneciente al modelo de bases de datos de Tulcán.

```
# INICIO MAPEO CLASE EVENTO & TABLA EVENTOS
map:evento a d2rq:ClassMap;
    d2rq:dataStorage map:database;
    d2rq:uriPattern "Eventos/@@Eventos.ID_Entrada@@";
    d2rq:class reporte:Evento;
    .
```

**Figura 59: Mapeo entre una clase y una tabla a través del lenguaje D2RQ**

La Figura 45 muestra un ejemplo en el cual se efectúa el mapeo entre el atributo (propiedad de tipo de dato) Fecha\_Hora asociado a la clase Evento y la columna del mismo nombre de la tabla Eventos.

```

# Columna Fecha_Hora
map:fecha_Hora a d2rq:PropertyBridge;
  d2rq:belongsToClassMap map:evento;
  d2rq:property reporte_sin:Fecha_Hora;
  d2rq:property xsd:dateTime;
  d2rq:column "Eventos.Fecha_Hora";

```

Figura 60: Mapeo entre un atributo y una columna a través del lenguaje D2RQ

## 8.2.1 Constructores del lenguaje D2RQ

A continuación se describen los constructores del lenguaje D2RQ que fueron empleados para la realización del proyecto.

- **Database**

Un **d2rq:Database** define una conexión JDBC u ODBC a una base de datos relacional local. En un mismo archivo o documento de mapeo se pueden definir varios d2rq:Database para acceder a diferentes bases de datos locales.

A continuación se presentan las propiedades del constructor d2rq:Database que fueron empleadas.

Propiedad	Descripción
d2rq:jdbcDSN	Define la URL de la base de datos JDBC, la cual corresponde a una cadena de la forma jdbc:subprotocolo:subnombre.
d2rq:jdbcDriverName	Especifica el nombre del driver JDBC para la base de datos.
d2rq:odbcDSN	Establece el nombre del origen de datos ODBC de la base de datos.
d2rq:username	Especifica el nombre de usuario en el caso de que sea requerido por la base de datos.
d2rq:password	Establece la contraseña en el caso de que sea requerida por la base de datos

Tabla 129: Propiedades del constructor d2rq: Database

- **ClassMap**

Un **d2rq: ClassMap** representa una clase o un conjunto de clases similares de una ontología OWL. Un ClassMap permite definir cómo van a identificarse las instancias de la clase asociada. ClassMap está relacionado con los constructores d2rq: Database y d2rq: PropertyBridge.

A continuación se presentan las propiedades empleadas del constructor d2rq: ClassMap.

Propiedad	Descripción
d2rq:dataStorage	Permite hacer una referencia a un d2rq:Database donde se almacenan las instancias de una clase.
d2rq:class	Define una clase OWL de una ontología.
d2rq:uriPattern	Especifica el patrón de URI que será empleado para identificar las instancias de la clase mapeada.

**Tabla 130: Propiedades empleadas del constructor d2rq:ClassMap**

**NOTA:**

El mecanismo empleado para asignar los identificadores a las instancias dentro de la base de datos es el de patrón URI (Identificador Universal de Recursos) relativo, el cual tiene la siguiente forma.

NombreTabla/@@NombreTabla.LlavePrimaria @@

El patrón URI relativo se combina con un URI base proporcionado por el entorno de procesamiento para conformar el URI completo. De esta forma los patrones URI relativos permiten la creación de archivos de mapeo portables que pueden emplearse en varias instancias del mismo esquema de base de datos.

- **Property Bridge**

Un **d2rq:PropertyBridge** permite relacionar una columna de una tabla con una propiedad de tipo de datos (atributo de una clase) o dos columnas de diferentes tablas con una propiedad que relaciona objetos (instancias) de una ontología OWL.

Si la columna empleada asociada a un Property Bridge posee un valor nulo en alguna fila, entonces la propiedad no se crea para la instancia asociada a dicha fila.

A continuación se presentan las propiedades empleadas del constructor `d2rq:PropertyBridge`.

Propiedad	Descripción
<code>d2rq:belongsToClassMap</code>	Define el <code>d2rq:ClassMap</code> al cual pertenece la propiedad .
<code>d2rq:property</code>	Establece la propiedad RDF u OWL que relaciona el <code>ClassMap</code> con el objeto o literal creado por el enlace. Si se definen varios <code>d2rq:property</code> , entonces se crea una tripleta con cada propiedad por cada instancia.
<code>d2rq:column</code>	Para propiedades con valores literales. Define la columna dentro de la tabla que contiene los valores de los literales. Los nombres de las columnas deben darse empleando el siguiente formato "NombreTabla.NombreColumna".
<code>d2rq:datatype</code>	Para propiedades con valores literales. Especifica el tipo de dato RDF del literal.
<code>d2rq:refersToClassMap</code>	Se emplea para definir el <code>d2rq:ClassMap</code> que actúa como rango de una propiedad que relaciona objetos.

**Tabla 131: Propiedades empleadas del constructor `d2rq:PropertyBridge`.**

## 9 ANEXO I

### 9.1 CASOS DE USO REALES USUARIO

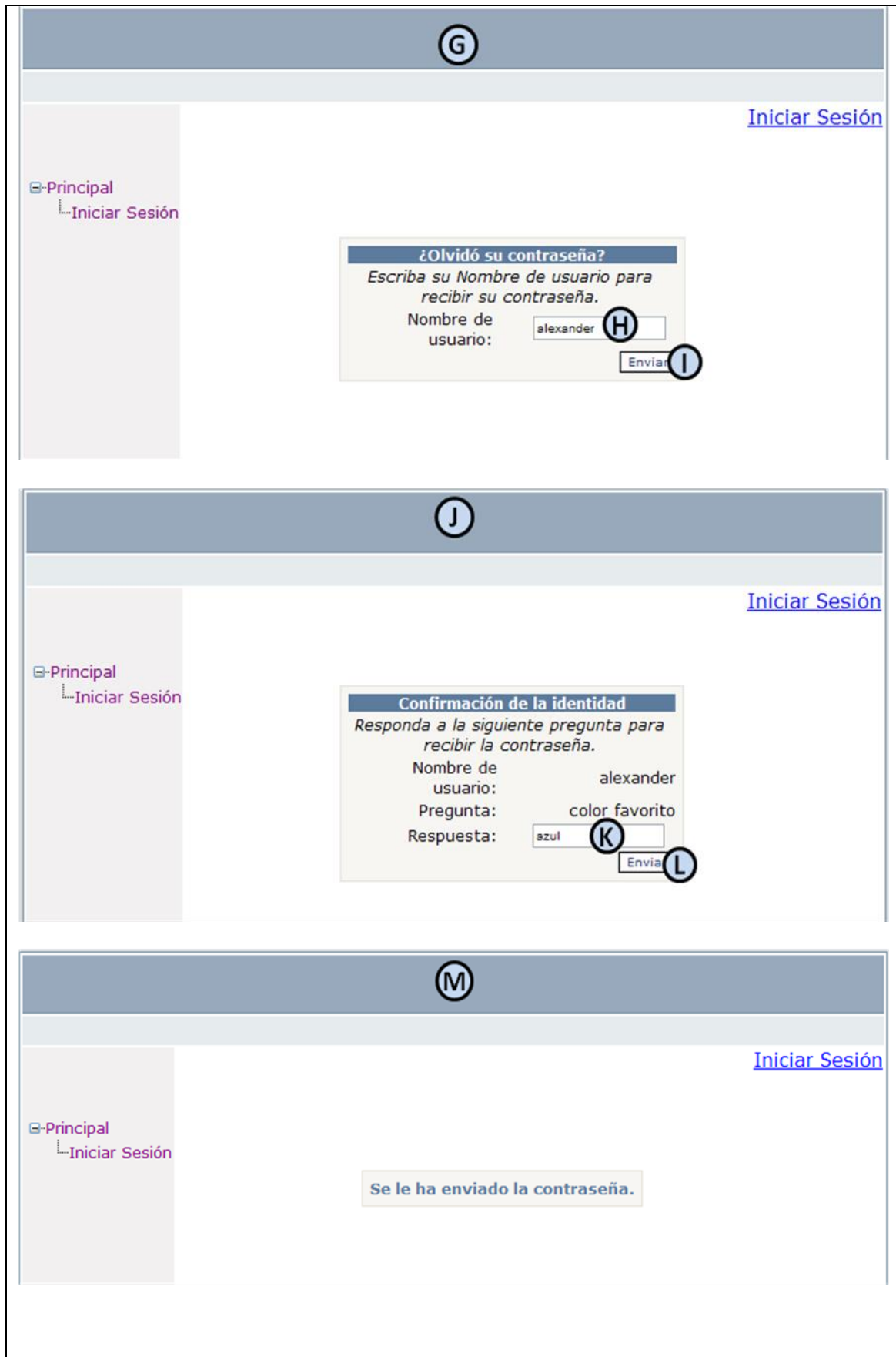
**CASO DE USO REAL: INICIAR SESIÓN**

The image displays two screenshots of a web application interface, illustrating the login process. The top screenshot shows the login form with the following elements:

- Header: **Principal : Iniciar Sesión**
- Navigation: [Iniciar Sesión](#)
- Left sidebar: **Principal** with a sub-link **Iniciar Sesión**.
- Form: **Iniciar sesión** with fields for **Nombre de usuario:** (containing 'alexander') and **Contraseña:** (containing masked characters). Below the fields are buttons for **Inicio de sesión** and [Olvido su contraseña](#).

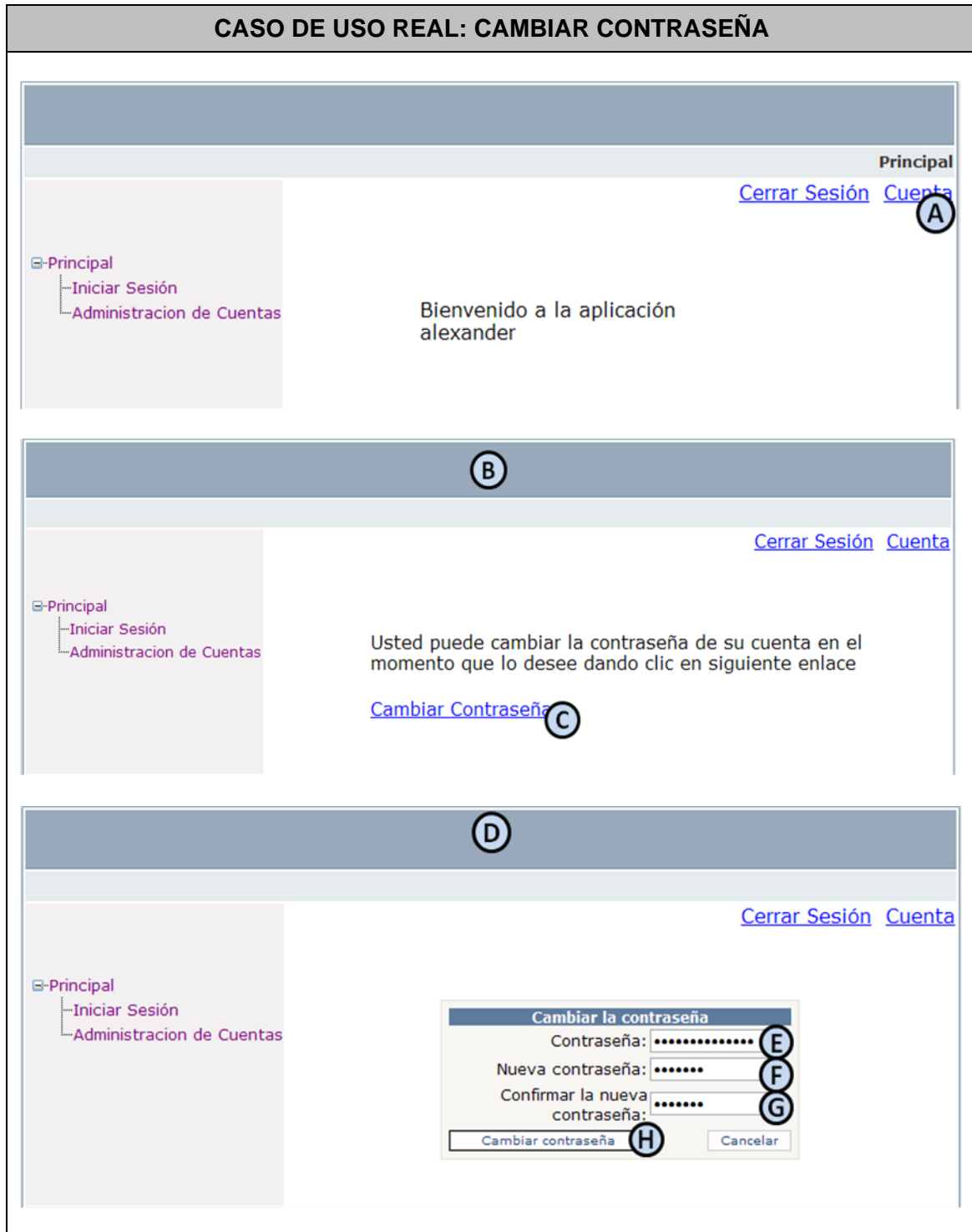
The bottom screenshot shows the user logged in, with the following elements:

- Header: **Principal**
- Navigation: [Cerrar Sesión](#) and [Cuenta](#)
- Left sidebar: **Principal** with sub-links **Iniciar Sesión** and **Administración de Cuentas**.
- Main content: **Bienvenido a la aplicación alexander**.


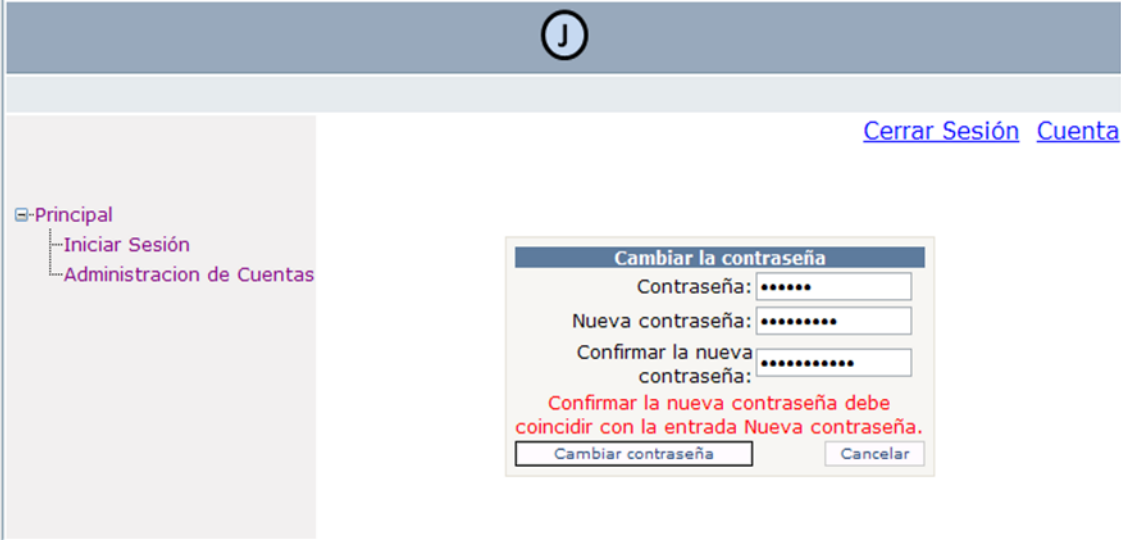
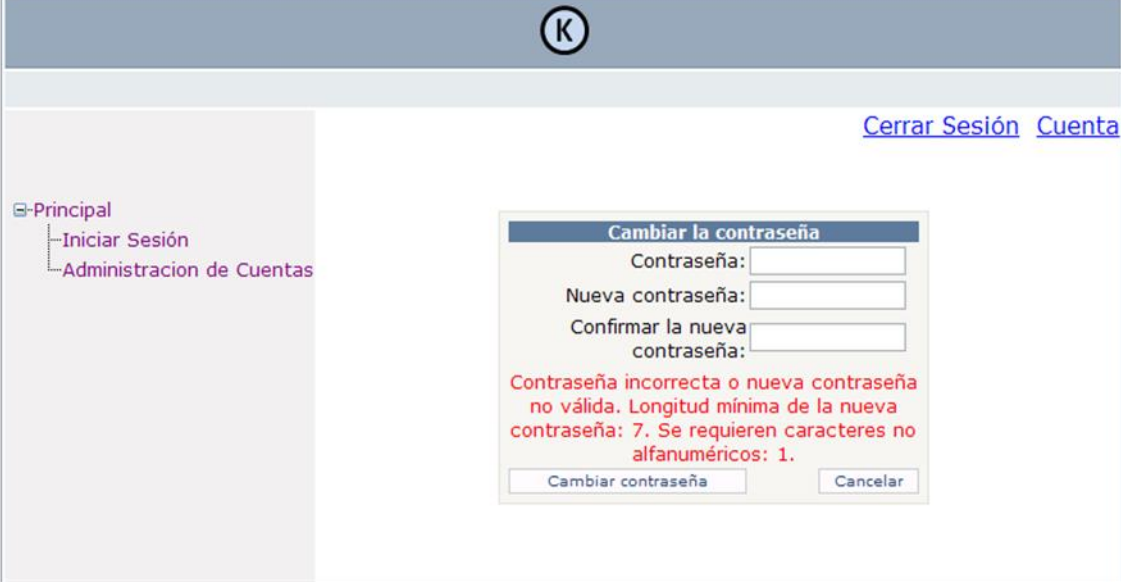


<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1. El usuario digita el nombre de usuario [A].	
2. El usuario digita la contraseña [B].	
3. El usuario da clic en el botón inicio de sesión [C].	4. El sistema autentica al usuario y muestra la ventana de bienvenida [E]. Dependiendo del rol que posea cada usuario, en el panel ubicado en la parte izquierda de la ventana aparecerán las acciones disponibles para cada uno de ellos [F].
<b>CURSO ALTERNO</b>	
	4. El usuario no digitó la información obligatoria en los campos [A] y/o [B]. Se le informa al usuario para que ingrese los campos faltantes.
5. El usuario da clic en el enlace de "Olvidó su contraseña?" [D].	6. El sistema muestra la ventana para recuperar contraseña [G].
7. El usuario digita el nombre de usuario [H].	
8. El usuario da clic en el botón enviar [I].	9. El sistema muestra la ventana de confirmación de identidad [J].
10. El usuario digita la respuesta a la pregunta de confirmación [K].	
11. El usuario da clic en el botón enviar [L].	12. El sistema genera una nueva contraseña para el usuario, le envía un correo electrónico con dicha contraseña y le notifica el cambio [M].

**Tabla 132: Caso de uso real iniciar sesión**





 <p style="text-align: right;"><a href="#">Iniciar Sesión</a></p>	
 <p style="text-align: right;"><a href="#">Cerrar Sesión</a> <a href="#">Cuenta</a></p>	
 <p style="text-align: right;"><a href="#">Cerrar Sesión</a> <a href="#">Cuenta</a></p>	
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario da clic en el enlace de "Cuenta" [A].	2. El sistema muestra la de ventana con la acción disponible para la

	cuenta de usuario [B].
3. El usuario da clic en el enlace de "Cambiar Contraseña" [C].	4. El sistema muestra la ventana de cambiar la contraseña [D].
5. El usuario digita la contraseña actual [E].	
6. El usuario digita la nueva contraseña [F].	
7. El usuario confirma la nueva contraseña [G].	
8. El usuario da clic en el botón Cambiar contraseña [H].	9. El sistema cambia la contraseña del usuario, y le notifica el cambio [I].
<b>CURSO ALTERNO</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
	8. El usuario digita valores que no coinciden. Se le informa del error [J].
	9. El usuario ha digitado una contraseña invalida. Se le informa del error [K].

**Tabla 133: Caso de uso real cambiar contraseña**

## 9.2 CASOS REALES DE USO ADMINISTRADOR

**CASO DE USO REAL: GESTIONAR CUENTAS**

Principal

[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

- Principal
- └ Iniciar Sesión
- └ Administracion de Cuentas **(A)**

Bienvenido a la aplicación  
alexander

**(B)**

Principal : Administracion de Cuentas

[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

- Principal
- └ Iniciar Sesión
- └ Administracion de Cuentas

Bienvenido a la pagina de administacion de  
cuentas de usuario.

Seleccione la tarea que desea realizar

[Crear una nueva cuenta](#) **(C)**

[Eliminar cuenta de usuario](#) **(D)**

**(E)**

[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

- Principal
- └ Iniciar Sesión
- └ Administracion de Cuentas

**Regístrese para obtener una nueva cuenta**

Nombre de usuario:  **(F)**

Contraseña:  **(G)**

Confirmar contraseña:  **(H)**

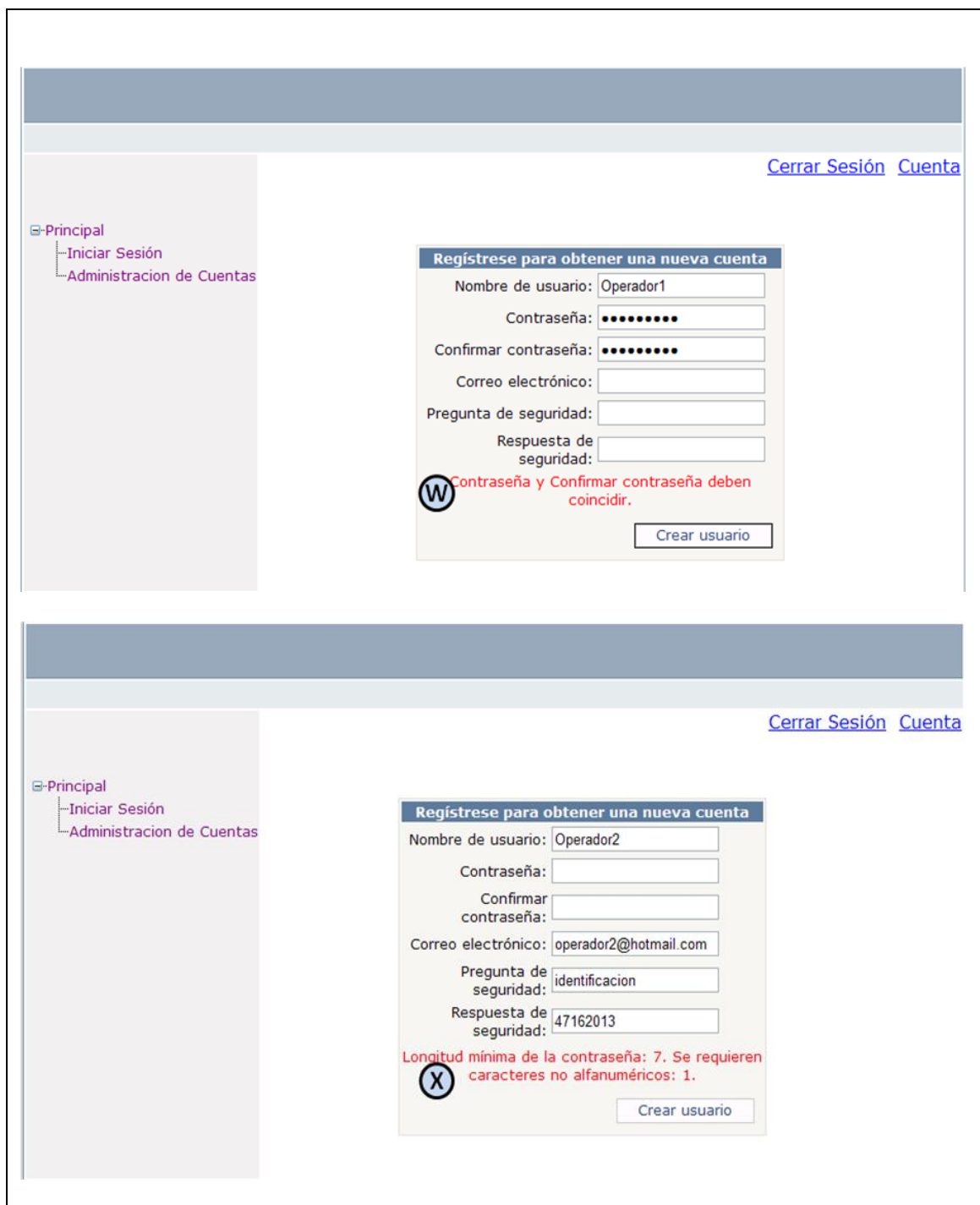
Correo electrónico:  **(I)**

Pregunta de seguridad:  **(J)**

Respuesta de seguridad:  **(K)**

**(L)**





**CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS**

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario (Administrador) da clic en el enlace "Administración de Cuentas" [A].	2. El sistema muestra la ventana de administración de cuentas de usuario [B].
3. El administrador da clic en el enlace "Crear una nueva cuenta" [C].	4. El sistema muestra la ventana de creación de cuentas de usuario [E].
5. El administrador digita el nombre de usuario de la nueva cuenta [F].	
6. El administrador digita la contraseña	

provisional de la cuenta [G].	
7. El administrador confirma la contraseña provisional de la cuenta [H].	
8. El administrador digita el correo electrónico del usuario de la nueva cuenta [I].	
9. El administrador digita la pregunta de seguridad para la recuperación de la contraseña [J].	
10. El administrador digita la respuesta a la pregunta de seguridad [K].	
11. El administrador da clic en el botón crear usuario [L].	12. El sistema muestra la ventana de selección de rol del nuevo usuario [M].
13. El administrador selecciona alguno de los roles disponibles (Operador, Encargado Producción, Administrador) asociado al nuevo usuario [N].	
14. El administrador da clic en el botón finalizar [O].	15. El sistema crea el nuevo usuario, y se lo notifica al administrador [P].
16. El administrador da clic en el botón continuar [Q].	17. El sistema muestra la ventana de administración de cuentas de usuario [B].
18. El administrador da clic en el enlace "Eliminar cuenta de usuario" [D].	19. El sistema muestra la ventana para eliminar cuentas de usuario [R].
20. El administrador selecciona el rol del usuario que desea eliminar [S].	21. El sistema muestra un listado de los usuarios asociados al rol seleccionado [T].
22. El administrador selecciona el usuario que desea eliminar [T].	
23. El administrador da clic en el botón eliminar [U].	24. El sistema elimina el usuario, y se lo notifica al administrador [V].
<b>CURSO ALTERNO</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
	8. El administrador ha digitado valores que no coinciden. Se le informa del error [W].
	12. El administrador ha digitado una contraseña invalida. Se le informa del error [X].

**Tabla 134:** Caso de uso real gestionar cuentas

### 9.3 CASOS REALES DE USO OPERADOR

**CASO DE USO REAL: CONSULTAR HISTÓRICOS**

Principal  
[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

- Principal
- Iniciar Sesión
- Información del Proceso
- Consultar Histórico **A**
- Consultar Eventos

Bienvenido a la aplicación  
operador4

**B**

Principal : Información del Proceso : Consultar Históricos  
[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

- Principal
- Iniciar Sesión
- Información del Proceso
- Consultar Históricos
- Consultar Eventos

**SELECCIONE VARIABLE(S)**

**VARIABLES**

Color agua salida	>>
pH entrada	
Dosificación Cal	
Dosificación Cloro	
Nivel Sedimentador	
Caudal entrada	
Turbiedad entrada	

Seleccionar todas

**SELECCIONE UN RANGO DE REGISTRO**

**FECHA INICIO**      Escoja uno ▼

**FECHA FINALIZACION**      Escoja uno ▼

**INSTANTES DE MUESTREO**

**SELECCIONE INSTANTE(S) DE MUESTREO**

**INSTANTES DENTRO DEL RANGO**

Seleccionar todas

**CONSULTAR HISTORICO**

Universidad del Cauca  
Ingeniería en Automática Industrial

190

**SELECCIONE VARIABLE(S)**

**VARIABLES**

Color agua salida

pH entrada

Dosificación Cal

Dosificación Cloro

Nivel Sedimentador

Caudal entrada

Turbiedad entrada

C

D

E

>>

Seleccionar todas

F

[Cerrar Sesión](#) [Cuenta](#)

Variable	Alias	Descripción	ID_Equipo	Etapas	Unidad_Ingenieria
COLOR_OUT_A	Color agua salida	Indica el nivel de color del agua potable	CI001	Almacenamiento	ppm
PH_IN	pH entrada	Indica el nivel de pH del agua de entrada a la planta	PHI001	Dosificación	-
DOSIF_CAL	Dosificación Cal	Indica la velocidad de dosificación de cal	Dosificador Cal	Desinfección	Gr/Seg



**SELECCIONE VARIABLE(S)**

**VARIABLES**

Caudal entrada	▲	>>
Turbiedad entrada		
Nivel Tanque 1		
pH salida		
Caudal salida	☰	
Dosificacion Sulfato		
Nivel Tanque 2	▼	

**Seleccionar todas**

**SELECCIONE UN RANGO DE REGISTRO**

**FECHA INICIO** 2008-02-01 00:00:00.0 **G** ▼

**FECHA FINALIZACION** 2008-02-28 23:59:59.0 **H** ▼

**INSTANTES DE MUESTREO** **I**

**SELECCIONE INSTANTE(S) DE MUESTREO**

**INSTANTES DENTRO DEL RANGO**

2009-02-09 19:58:11.0	▲	
2009-02-09 19:58:31.0	<b>J</b>	
2009-02-09 19:58:40.0		
2009-02-09 19:59:00.0		
2009-02-09 19:59:20.0		
2009-02-09 19:59:40.0		☰
		▼

**K**  **Seleccionar todas**

**CONSULTAR HISTORICO** **L**

(M)	
<a href="#">Cerrar Sesión</a> <a href="#">Cuenta</a>	
Fecha_Hora	Caudal_entrada
2009-02-09 19:58:11.0	450.0
2009-02-09 19:58:31.0	465.0
2009-02-09 19:58:40.0	463.0
2009-02-09 19:59:00.0	480.0
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario (Operador) da clic en el enlace “Consultar Históricos” [A].	2. El sistema muestra la ventana para consultar históricos del proceso [B], en la cual se cargan las variables del proceso que son registradas, además de las fechas de inicio y finalización de los periodos en los que se pueden consultar el valor de dichas variables.
3. El operador selecciona una o más variable de interés de la lista [C].	
4. El operador establece un periodo de interés a través de la selección de una fecha de inicio [G], y una fecha de finalización [H].	
5. El operador da clic en el botón instantes de muestreo.	6. El sistema muestra un listado de los instantes de muestreo comprendidos dentro del rango establecido.
7. El operador selecciona los instantes de muestreo de interés [J].	
8. El operador da clic en el botón consultar histórico [L].	9. El sistema muestra la ventana que contiene la tabla con el valor(es) que ha(n) presentado la(s) variable(s) en el(los) instante(s) seleccionado(s) [M].
CURSO ALTERNO	
3. El operador da clic en la casilla seleccionar todas (variables) [E].	4. El sistema selecciona todos los elementos de la lista.
4. El operador da clic en el botón “>>” para obtener una descripción más detallada de la(s) variable(s) seleccionadas [D].	5. El sistema muestra la ventana que contiene una tabla con la descripción de la(s) variable(s) de interés solicitadas [F].

7. El operador da clic en la casilla seleccionar todos (instantes de muestreo) [K].	8. El sistema selecciona todos los elementos de la lista
-------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

Tabla 135: Caso de uso real consultar históricos

### CASO DE USO REAL: CONSULTAR EVENTOS

Principal
[Cerrar Sesión](#)
[Cuenta](#)

- Principal
- Iniciar Sesión
- Información del Proceso
- Consultar Históricos
- Consultar Eventos A

Bienvenido a la aplicación  
operador4

B

Principal : Información del Proceso : Consultar Eventos
[Cerrar Sesión](#)
[Cuenta](#)

- Principal
- Iniciar Sesión
- Información del Proceso
- Consultar Históricos
- Consultar Eventos

Evento/Alarma

Escoja uno C

Criterio de Selección

▼

Ocurrencias Registradas

▼

INFORMACION ADICIONAL

The image displays three sequential screenshots of a web application interface, each showing a different filter criterion selected for the 'Consultar Eventos' function. The interface is consistent across all three, featuring a breadcrumb trail at the top, a sidebar menu on the left, and a main content area with filter dropdowns and an 'INFORMACION ADICIONAL' button.

**Screenshot 1 (Top):** The breadcrumb trail is 'Principal : Información del Proceso : Consultar Eventos'. The sidebar menu is expanded to 'Información del Proceso', with 'Consultar Eventos' selected. The filter dropdowns are: 'Evento/Alarma' (Evento), 'Criterio de Selección' (Escoja uno, circled in red with a 'D'), and 'Ocurrencias Registradas' (empty). The 'INFORMACION ADICIONAL' button is highlighted.

**Screenshot 2 (Middle):** The breadcrumb trail is 'Principal : Información del Proceso : Consultar Eventos'. The sidebar menu is expanded to 'Información del Proceso', with 'Consultar Eventos' selected. The filter dropdowns are: 'Evento/Alarma' (Evento), 'Criterio de Selección' (Etapa), and 'Ocurrencias Registradas' (Escoja uno, circled in red with an 'E'). The 'INFORMACION ADICIONAL' button is highlighted.

**Screenshot 3 (Bottom):** The breadcrumb trail is 'Principal : Información del Proceso : Consultar Eventos'. The sidebar menu is expanded to 'Información del Proceso', with 'Consultar Eventos' selected. The filter dropdowns are: 'Evento/Alarma' (Evento), 'Criterio de Selección' (Etapa), and 'Ocurrencias Registradas' (Almacenamiento). The 'INFORMACION ADICIONAL' button is highlighted and circled in red with an 'F'.

G									
<a href="#">Cerrar Sesión</a> <a href="#">Cuenta</a>									
Fecha_Hora	Tipo_Evento	Subtipo_Evento	Id_Equipo	Valor	Valor_Pasado	Descripcion_Evento	Id_Operario	Etapa	Condicion_Evento
2008-02-06 15:35:00.0	Alarma	Proceso	Tanque de almacenamiento	Bajo	Normal	Nivel bajo en tanque de almacenamiento	Operador 3	Almacenamiento	Critica
2008-09-11 09:25:00.0	Alarma	Proceso	Tanque de almacenamiento	Normal	Bajo	Nivel normal en el tanque de almacenamiento	Operador 4	Almacenamiento	Informativa

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1. El usuario (Operador) da clic en el enlace “Consultar Eventos” [A].	2. El sistema muestra la ventana para consultar eventos del proceso [B]. El sistema carga en la lista Evento/Alarma las clases de eventos que el usuario puede consultar.
3. El operador selecciona una clase de evento de la lista Evento/Alarma [C].	4. El sistema carga un listado de los criterios de búsqueda disponibles para cada clase de evento dentro de la lista Criterio de Selección.
5. El operador selecciona un criterio de búsqueda de la lista Criterio de Selección [D].	6. El sistema carga un listado con las instancias encontradas asociadas al criterio de búsqueda dentro de la lista Ocurrencias Encontradas.
7. El operador selecciona una de las instancias de la lista Ocurrencias Encontradas [E].	
8. El operador da clic en el botón información adicional [F].	9. El sistema muestra ventana que contiene una tabla con la información que describe el evento solicitado [G].

**Tabla 136: Caso de uso real consultar eventos**

## 10 ANEXO J

### 10.1 CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO CREADO

El siguiente cuestionario es realizado con el fin de conocer el punto de vista de los operarios y jefe de planta de potabilización de agua, sobre el funcionamiento del prototipo creado, teniendo como base el funcionamiento actual de la planta.

1. Empresa: \_\_\_\_\_

2. Nombre: \_\_\_\_\_

3. Cargo: \_\_\_\_\_

4. Lugar de trabajo: \_\_\_\_\_

5. Horario de trabajo: \_\_\_\_\_

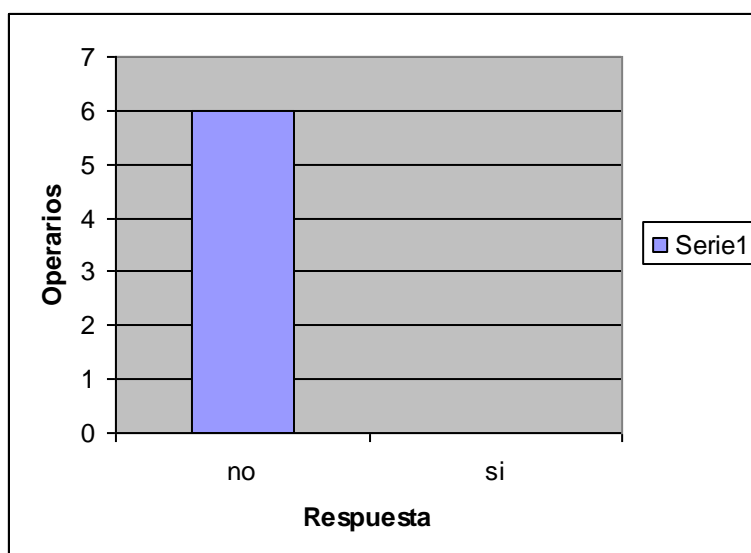
6. ¿Está usted a gusto con la forma como obtiene la información de las variables del proceso de producción?

7. ¿Cómo le parece la forma en que el nuevo programa le presenta la información del proceso, en comparación con la situación actual de la planta?

8. ¿Cree usted que la información presentada por el programa es útil para su trabajo de operador o jefe de planta? ¿En qué sentido?

## 10.2 ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

6. La Figura 61 muestra los resultados obtenidos ante la pregunta: ¿Está usted a gusto con la forma como obtiene la información de las variables del proceso de producción?



**Figura 61:** Opinión de los operarios sobre la manera de obtener la información de variables

7. Ante la pregunta: ¿Cómo le parece la forma en que el nuevo programa le presenta la información del proceso, en comparación con la situación actual de la planta?, que los operarios de la planta respondieron libremente, de la siguiente manera:

- El programa nuevo es mejor porque nos evita estar llenado manualmente un archivo. Porque ya lo realiza el solo.
- El programa cuenta con servicios que permiten obtener más información que el actual.
- Es mejor porque se tiene un registro constante de la información de lo que pasa en cada parte del proceso de potabilización. Ya no se quedan espacios del informe sin llenar.

Las respuestas ante las preguntas 7 y 8 por parte del jefe de planta fueron las siguientes:

- Es un buen diseño por que permite obtener información real sobre el consumo de los insumos utilizados en el proceso de potabilización de agua ya sea por día, semana, etc.
- Gracias a que el prototipo permite ver los insumos gastados, esta información puede relacionarse con los costos de ellos, lo que permite conocer cuánto nos cuesta potabilizar el agua en un tiempo determinado.
- Podemos relacionar la cantidad de agua potable proporcionada con el costo de producción de la misma.
- Gracias al manejo de información pasada y la actual podemos analizar el consumo de insumos en la planta y optimizar el proceso de compra de los mismos.



## 11 BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Christian Wolff to Edmund Husserl. Definitions of Ontology. Disponible en:  
<http://www.formalontology.it/ontology-definitions-one.htm>  
Consultado 6 de octubre 2007
- [2]. Fernández, Jesualdo. Un Entorno de Integración de Ontologías para el Desarrollo de Sistemas de Gestión de Conocimiento. Tesis doctoral. Universidad de Murcia, Departamento de Ingeniería de la Información y las comunicaciones, España, 2003 Disponible en:  
[http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UM/AVAILABLE/TDR-1123105-134449//FernandezBreis.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UM/AVAILABLE/TDR-1123105-134449//FernandezBreis.pdf)  
Consultado: Octubre 20 de 2006.
- [3]. Diana Marcela Sánchez, José María Covero and Esperanza Marcos Martínez. The Road Toward Ontologies. Universidad Rey Juan Carlos. Departamento de Informática, Estadística y Telemática.  
[http://www.springer.com/.../document/cda\\_downloaddocument/9780387370194-c1.pdf?SGWID=0-0-45-495101-p173670217](http://www.springer.com/.../document/cda_downloaddocument/9780387370194-c1.pdf?SGWID=0-0-45-495101-p173670217)  
Consultado: junio 25 de 2007.
- [4]. Miguel Ángel Abián, Ontologías que son y para qué sirven. Consultado 2 de abril de 2007. Disponible en :  
<http://www.wshoy.sidar.org/index.php?2005/12/09/30-ontologias-que-son-y-para-que-sirven>  
Consultado 9 diciembre 2005
- [5]. Ontologías. Disponible en:  
[www.wiki.org/wiki/ontologia](http://www.wiki.org/wiki/ontologia)  
Consultado: Octubre 10 de 2006.

- [6]. RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN: ONTOLOGÍAS. Disponible en:  
<http://es.geocities.com/recupdeinformacion.ontologias/sobreontolgias.htm>  
Consultado 20 agosto 2007
- [7]. Doctora M Ángeles Saavedra Places. Arquitectura para la federación de bases de datos documentales basada en Ontología, Universidad de la Coruña, Departamento de Sistemas. Disponible en:  
[http://www.kybele.escet.urjc.es/RedBD/Articulos/Art\\_08.pdf](http://www.kybele.escet.urjc.es/RedBD/Articulos/Art_08.pdf)  
Consultado: Noviembre 20 de 2006.
- [8]. Zhao, Chunhua; Joglekar, Girish; Jain, Ankur; Venkatasubramanian, Venkat; Reklaitis, G.V. Pharmaceutical Informatics: A Novel Paradigm for Pharmaceutical Product Development and Manufacture. European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 2005. Disponible en:  
<http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/escape15/papers/IA-011.pdf>  
Consultado: Febrero 10 de 2007.
- [9]. Janne Jussila. Agent-Based Approach to Supervisory Information Services in Process Automation. Master's thesis, Helsinki University of Technology, Department of Automation and Systems Technology, 2004. Disponible en:  
[http://www.automation.hut.fi/projects/proage/pubs/Thesis\\_Jussila.pdf](http://www.automation.hut.fi/projects/proage/pubs/Thesis_Jussila.pdf)  
Consultado: Febrero 27 de 2007.
- [10]. Davies, John; Studer, Rudi; Warren, Paul. Semantic Web Technologies: Trends and Research in Ontology-based Systems. England: John Wiley & Sons, 2006.
- [11]. Gulla, Jon; Strasunskas, Darijus; Darijus, Tomasen. Semantic Interoperability in the Norwegian Petroleum Industry. Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2006. Disponible en:  
<http://www.idi.ntnu.no/~steint/papers/2006-ISTA-JAG.pdf>

Consultado: Octubre 13 de 2006.

- [12]. Schröder, Andrea. ScadaOnWeb – Web based supervisory control and data acquisition, 17th International Conference on Electricity Distribution, Barcelona, 2003. Disponible en:  
[http://www.fgh-ma.de/verein/publikat/veroeff/SOW\\_Schroeder.pdf](http://www.fgh-ma.de/verein/publikat/veroeff/SOW_Schroeder.pdf)

Consultado: Marzo 3 de 2007.

- [13]. Ray, S; Jones, A. Manufacturing interoperability. Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 17, pp 681-688, Springer, 2006.

Consultado: febrero 13 de 2008.

- [14]. J. Cardoso, Semantic Web Services: Theory, Tools, and Applications. New York: IGI Global, 2007.

Consultado: mayo 02 de 2008.

- [15]. D. D. Dragan Gašević and V. Devedžić, “Knowledge representation,” in Model Driven Architecture and Ontology Development, ch. 1, pp. 3–43, Berlin Heidelberg: Springer, 2006.

- [16]. G. Antoniou, E. Franconi, and F. van Harmelen, “Introduction to semantic web ontology languages,” in Reasoning Web, vol. 3564 of Lecture Notes in Computer Science, ch. 1, pp. 1–21, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.

- [17]. D. M. Sánchez, J. M. Cavero, and E. M. Martínez, “The Road Toward Ontologies,” in Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems, vol. 14 of Integrated Series in Information Systems, ch. 1, pp. 3–20, Springer US, 2007.

- [18]. S. Grimm, P. Hitzler, and A. Abecker, “Knowledge Representation and Ontologies: Logic, Ontologies and SemanticWeb Languages,” in Semantic

Web Services: Concepts, Technologies, and Applications, ch. 3, pp. 51–105, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.

[19]. R. Möller and V. Haarslev, “Description Logic Systems,” in The Description Logic Handbook: Theory, implementation, and applications, ch. 8, pp. 282–305, Cambridge University Press, 2003.

[20]. S. Tessaris, B. C. Grau, B. Suntisrivaraporn, C. Lutz, R. Möller, and D. Lembo, “Revised Ontology Task Handbook.” TONES Consortium, Deliverable 2.2, Agosto 2006. Disponible en: <http://www.sts.tu-harburg.de/tech-reports/2006/tonesdeliv07.pdf>. Consultado: Enero 28 2008.

[21]. D. Nardi and R. J. Brachman, “An Introduction to Description Logics,” ca 2003. Disponible en: <http://www.inf.unibz.it/~franconi/dl/course/dlhb/dlhb-01.pdf>. Consultado: Septiembre 15 de 2008.

[22]. M. Horridge, H. Knublauch, A. Rector, R. Stevens, and C. Wroe, “A practical guide to building owl ontologies using the protégé-owl plugin and co-ode tools edition 1.0,” Agosto 2004. Disponible en: <http://www.co-ode.org/resources/tutorials/ProtegeOWLTutorial.pdf>. Consultado: Julio 25 de 2008.

[23]. D. Taniar and J. W. Rahayu, Web Semantics and Ontology. Idea Group Publishing, 2006.

[24]. Horrocks, “Description logics in ontology applications,” in Automated Reasoning with Analytic Tableaux and Related Methods, vol. 3702 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 2–13, Berlin Heidelberg: Springer, 2005.

- [25]. M. Lenzerini, D. Milano, and A. Poggi, "Ontology representation and reasoning." WP8 State of the Art Ontology Management and Engineering, ca 2004.
- [26]. O. Corcho, M. F. López, and A. G. Pérez, "Technical Roadmap D.1.1.2." OntoWeb Deliverable v 2.0, 2002. Disponible en: <http://ontoweb.org/Members/huro/MyPublications/OntoWeb%20>  
Consultado: Octubre 20 de 2006.
- [27]. O. Corcho, M. F. López, and A. G. Pérez, "Ontological engineering: Principles, methods, tools and languages," in *Ontologies for Software Engineering and Software Technology* (C. Calero, F. Ruiz, and M. Piattini, eds.), ch. 1, pp. 1–48, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.
- [28]. D. L. McGuinness and F. van Harmelen, "OWL Web Ontology Language Overview." W3C Recommendation, 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.  
Consultado: Septiembre 18 de 2008.
- [29]. F. Baader, "Formalisms for representing ontologies:state of the art survey," Deliverable 2.0, University of Rome "La Sapienza", 2006.
- [30]. T. Gardiner, D. Tsarkov, and I. Horrocks, "Framework for an Automated Comparison of Description Logic Reasoners." EPSRC, 2006. Disponible en:  
Consultado: Septiembre 26 de 2008.
- [31]. K. K. Breitman, M. A. Casanova, and W. Truszkowski, "Owl," in *Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications*, NASA Monographs in Systems and Software Engineering, ch. 5, pp. 81–103, London: Springer, 2000.
- [32]. G. Antoniou and F. van Harmelen, "A Semantic Web Primer." The MIT Press Cambridge, Massachusetts, 2004. Disponible en:

<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.

Consultado: Septiembre 18 de 2008.

[33]. S. Suwanmanee, D. Benslimane, and P. Thiran, "OWL-Based Approach for Semantic Interoperability," in Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'05), vol. 1, pp. 145–150, IEEE Computer Society, 2005.

[34]. S. Bechhofer, F. van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. L. McGuinness, P. F. Patel-Schneider, and L. A. Stein, "OWL Web Ontology Language Reference." W3C Recommendation, 2004. Disponible en:

<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.

Consultado: Septiembre 18 de 2008.

[35]. E. Eessaar, "Metamodel-based Comparison of Data Models," in Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering (K. Elleithy, ed.), ch. 21, pp. 109–114, Springer Netherlands, 2007.

[36]. J. Greenfield, K. Short, S. Cook, and S. Kent, Software Factories-Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools. JohnWiley & Sons, 2007.

[37]. J. Gray, J.-P. Tolvanen, S. Kelly, A. Gokhale, S.Ñeema, and J. Sprinkle, "Domain-Specific Modeling," in Handbook of Dynamic System Modeling (P. A. Fishwick, ed.), Computer and Information Science Series, ch. 7, Chapman & Hall=CRC, 2007.

[38]. P. F. Patel-Schneider, P. Hayes, and I. Horrocks, "OWLWeb Ontology Language Semantics and Abstract Syntax." W3C Recommendation, 2004. Disponible en:

<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-semantics-20040210/>.

Consultado: Septiembre 18 de 2008.

- [39]. P. F. Patel-Schneider, P. Hayes, and I. Horrocks, "OWLWeb Ontology Language 1.0 Abstract Syntax." W3CWorking Draft, 2002. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2002/WD-owl-absyn-20020729/>. Consultado: Septiembre 18 de 2008.
- [40]. R. Colomb, K. Raymond, L. Hart, P. E. C.W. G. T. Xie, and E. Kendall, "The object management group ontology definition metamodel," in *Ontologies for Software Engineering and Software Technology*, ch. 8, pp. 217–248, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.
- [41]. E. Oberortner, "Generating Web Applications with Abstract Pageflow Models," Master's thesis, Information Systems Institute Distributed Systems Group Vienna University of Technology, 2007. Disponible en: <http://www.infosys.tuwien.ac.at/Staff/ernstl/thesis/thesis.pdf>. Consultado: Septiembre 22 de 2008.
- [42]. M. Hori, J. Euzenat, and P. F. Patel-Schneider, "OWL Web Ontology Language XML Presentation Syntax." W3C Note, 2003. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2003/NOTE-owl-xmlsyntax-20030611/>. Consultado: Septiembre 18 de 2008.
- [43]. O. Corcho, M. F. López, and A. G. Pérez, "A survey on ontology tools." *OntoWeb Deliverable v 1.3*, 2002. Disponible en: <http://www.ontoweb.org/About/>. Consultado: Octubre 20 de 2006.
- [44]. O. Corcho, M. F. Lopez, and A. G. Pérez, "Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?," *Data & Knowledge Engineering*, no. 46, pp. 41–64, 2003.
- [45]. M. Denny, "Ontology Tools Survey, Revisited." Disponible en: <http://www.xml.com/pub/a/2004/07/14/onto.html>.

Consultado: Enero 28 de 2008.

[46]. M. Denny, "Ontology Building: A Survey of Editing Tools." Disponible en:  
<http://www.xml.com/pub/a/2002/11/06/ontologies.html>.

Consultado: Enero 28 de 2008.

[47]. C. Bizer and D. Westphal, "Developers Guide to Semantic Web Toolkits for different Programming Languages," 2006. Disponible en:  
<http://www4.wiwiss.fu-berlin.de/bizer/toolkits/>.

Consultado: Agosto 20 de 2008.

[48]. ISA, *Batch Control Part 4: Batch Production Records*. 2006.

<http://www.isa-88.com/subpages/technology/isa-88/isa-88-04.php?>

Consultado: Febrero 1 de 2009;

[49]. ISA-88.com. *ISA-88.04*. 2006 Disponible en:

<http://www.isa-88.com/subpages/technology/isa-88/isa-88-04.php?>

Consultado: Febrero 8 de 2009

[50]. Jena – A Semantic Web Framework for Java. 2008 Disponible en:

<http://jena.sourceforge.net/>.

Consultado: 12 enero 2009

[51]. W3C. SPARQL Query Language for RDF. 2008 Disponible en :

<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.

Consultado: 12 enero 2009

[52]. Chris Bizer, R.C., Jörg Garbers, Oliver Maresch. *The D2RQ Platform v0.5.1 - Treating Non-RDF Relational Databases as Virtual RDF Graphs*. 2007 Disponible en:

<http://www4.wiwiss.fu-berlin.de/bizer/D2RQ/spec/>.

Consultado: 12 enero 2009