



# **SISTEMA DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES EN VIVEROS AUTOMATIZADOS UTILIZANDO OLAP Y MINERÍA DE DATOS**

## **ANEXOS**



**JIMENA ADRIANA TIMANÁ PEÑA  
RENE VALENCIA VALLEJO**

**Director: MSc. CARLOS ALBERTO COBOS LOZADA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS  
POPAYÁN, NOVIEMBRE DE 2007**



## TABLA DE CONTENIDO

<b>ANEXO A – CASOS DE USO REALES .....</b>	<b>6</b>
1    CASOS DE USO REALES SISTEMA OLTP WEB .....	7
<b>ANEXO B – MODELOS FÍSICOS .....</b>	<b>28</b>
2    BASE DE DATOS SISTEMA OLTP WEB .....	29
2.1    DIAGRAMAS .....	29
2.2    LISTA DE TABLAS .....	33
2.3    LISTA DE RELACIONES .....	34
3    BODEGA DE DATOS.....	35
3.1    DIAGRAMAS .....	35
3.2    LISTA DE TABLAS .....	41
<b>ANEXO C – ETL.....</b>	<b>42</b>
4    FLUJOS DE CONTROL Y FLUJOS DE DATOS .....	43
4.1    DATA MART RECOLECCIONES .....	43
4.1.1    FLUJO DE CONTROL.....	43
4.1.2    FLUJOS DE DATOS.....	43
4.2    DATA MART PREGERMINACIONES.....	46
4.2.1    FLUJO DE CONTROL.....	46
4.2.2    FLUJOS DE DATOS.....	46
4.3    DATA MART GERMINACIONES.....	48
4.3.1    FLUJO DE CONTROL.....	48
4.3.2    FLUJOS DE DATOS.....	49
4.4    DATA MART REPIQUE .....	51
4.4.1    FLUJO DE CONTROL.....	51
4.4.2    FLUJOS DE DATOS.....	51
4.5    DATA MART TRATATAMIENTOS DE REPIQUE .....	53
4.5.1    FLUJO DE CONTROL.....	53
4.5.2    FLUJOS DE DATOS.....	53
4.6    DATA MART PLAGAS .....	55
4.6.1    FLUJO DE CONTROL.....	55
4.6.2    FLUJOS DE DATOS.....	55
<b>ANEXO D – ARTÍCULOS .....</b>	<b>57</b>



---

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CASO DE USO REAL INGRESAR ÁRBOL PRODUCTOR.....	8
TABLA 2. CASO DE USO REAL INGRESAR RECOLECCIONES.....	10
TABLA 3. CASO DE USO REAL INGRESAR GRUPO PRE-GERMINATIVO .....	12
TABLA 4. CASO DE USO REAL INGRESAR GRUPO GERMINATIVO.....	14
TABLA 5. CASO DE USO REAL INGRESAR GRUPO DE REPIQUE .....	16
TABLA 6. CASO DE USO REAL ASIGNAR TRATAMIENTO DE REPIQUE .....	18
TABLA 7. CASO DE USO REAL ASIGNAR DISPOSITIVO DE MEDICIÓN.....	20
TABLA 8. CASO DE USO REAL ASIGNAR PLAGAS A UN GRUPO DE REPIQUE .....	22
TABLA 9. CASO DE USO REAL INGRESAR Y CONSULTAR SUSTRATOS BÁSICOS.....	23
TABLA 10. CASO DE USO REAL INGRESAR Y CONSULTAR SUSTRATO COMPUESTO .....	25
TABLA 11. CASO DE USO REAL CONSULTAR MEDICIONES AUTOMÁTICAS.....	27
TABLA 12. LISTA DE TABLAS – BASE DE DATOS SISTEMA OLTP WEB.....	33
TABLA 13. LISTA DE RELACIONES – BASE DE DATOS SISTEMA OLTP WEB .....	34
TABLA 14. LISTA DE TABLAS – BODEGA DE DATOS.....	41



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA FÍSICO GENERAL – BASE DE DATOS SISTEMA OLTP WEB.....	29
FIGURA 2. DETALLE IZQUIERDO DEL DIAGRAMA FÍSICO.....	30
FIGURA 3. DETALLE CENTRAL DEL DIAGRAMA FÍSICO.....	31
FIGURA 4. DETALLE DERECHO DEL DIAGRAMA FÍSICO.....	32
FIGURA 5. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART RECOLECCIONES – BODEGA DE DATOS .....	35
FIGURA 6. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART PREGERMINACIONES – BODEGA DE DATOS .....	36
FIGURA 7. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART GERMINACIONES – BODEGA DE DATOS.....	37
FIGURA 8. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART REPIQUES – BODEGA DE DATOS.....	38
FIGURA 9. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART TRATAMIENTOS DE REPIQUES .....	39
FIGURA 10. DIAGRAMA FÍSICO DATA MART PLAGAS – BODEGA DE DATOS .....	40
FIGURA 11. FLUJO DE CONTROL - DATA MART RECOLECCIONES.....	43
FIGURA 12. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN RECOLECCIONES.....	43
FIGURA 13. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN GEOGRAFÍA .....	44
FIGURA 14. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FUENTE SEMILLERAS.....	44
FIGURA 15. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	45
FIGURA 16. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHO RECOLECCIONES.....	45
FIGURA 17. FLUJO DE CONTROL – DATA MART PREGERMINACIONES .....	46
FIGURA 18. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.....	46
FIGURA 19. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN GRUPOS PREGERMINATIVOS .....	47
FIGURA 20. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	47
FIGURA 21. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHOS PRE-GERMINACIONES .....	48
FIGURA 22. FLUJO DE CONTROL – DATA MART GERMINACIONES.....	48
FIGURA 23. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN SUSTRATO EN USO.....	49
FIGURA 24. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN GRUPOS GERMINATIVOS.....	49
FIGURA 25. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	50
FIGURA 26. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHOS GERMINACIONES .....	50
FIGURA 27. FLUJOS DE DATOS – DIMENSIÓN GRUPOS DE REPIQUE .....	51
FIGURA 28. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN GRUPOS DE REPIQUE .....	51
FIGURA 29. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	52
FIGURA 30. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHOS REPIQUES .....	52
FIGURA 31. FLUJO DE CONTROL – DATA MART TRATAMIENTOS DE REPIQUE .....	53
FIGURA 32. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN TRATAMIENTOS DE REPIQUE.....	53
FIGURA 33. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	54



FIGURA 34. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHOS TRATAMIENTOS DE REPIQUES .....	54
FIGURA 35. FLUJO DE CONTROL – DATA MART PLAGAS .....	55
FIGURA 36. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN PLAGAS .....	55
FIGURA 37. FLUJO DE DATOS – DIMENSIÓN FECHA.....	56
FIGURA 38. FLUJO DE DATOS – TABLA DE HECHOS ATAQUES PLAGAS .....	56



# **ANEXO A – CASOS DE USO REALES**



# 1 CASOS DE USO REALES SISTEMA OLTP WEB

**CASO DE USO REAL: INGRESAR ÁRBOL PRODUCTOR**

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

Fuentes de material de propagación

Árboles productores

Recolecciones de material de propagación

### Árboles productores

Fuentes de material de propagación:

[Nuevo registro](#) [Buscar registro](#)

Código	<input type="text" value="CA-007"/>	A
Fuente de material	<input type="text" value="Fuente Cajete"/>	B
Altura árbol	<input type="text" value="10"/>	C
Altura comercial	<input type="text" value="11"/>	D
Diámetro de copa	<input type="text" value="2"/>	E
Diámetro (altura pecho)	<input type="text" value="6"/>	F
Coordenadas	Latitud (Ej: 04° 35' 56.57" N):	G
	<input s"="" type="text" value="06° 24' 15.12"/>	H
	Longitud (Ej: 128° 12' 03.17" O):	I
Tipo de material	<input type="text" value="Árbol productor"/>	I
Observaciones	<div style="border: 1px solid gray; height: 40px; width: 100%;"></div>	

Insertar Cancelar

K

## CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario (administrador o el operario) ingresa un código que identifica a un árbol [A].	
	2. El sistema carga y despliega el nombre de la fuente semillera que el usuario con anterioridad ha seleccionado [B].
3. El usuario selecciona la fuente semillera donde se encuentra el árbol.	
4. El usuario ingresa la altura del árbol [C].	



5. El usuario ingresa la altura comercial del árbol [D].	
6. El usuario ingresa el diámetro de copa del árbol [E].	
7. El usuario ingresa el diámetro de la altura de pecho del árbol [F].	
8. El usuario digita las coordenada planas referentes a la latitud y longitud donde está ubicado el árbol [G] y [H].	
	9. El sistema carga el nombre de los tipos de material [I].
10. El usuario selecciona el tipo de material en que se clasifica el árbol.	
11. El usuario ingresa las observaciones relacionadas al árbol [J].	
12. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [K].	13. El sistema registra el árbol e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 1.** Caso de uso real Ingresar Árbol Productor





## CASO DE USO REAL: INGRESAR RECOLECCIONES DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

Fuentes de material de propagación

Árboles productores

Recolecciones de material de propagación

### Recolecciones de material de propagación

Fuentes de material de propagación:

[Nuevo registro](#) [Buscar registro](#)

<b>Árbol productor</b>	Fuente de material: <input type="text" value="Fuente Cajete"/>	
	Recolección de semillas: <input type="text" value="[CAJ - 007] -- [Árbol productor] -- [19/10/2007 5:30:32 p.m.]"/>	
<b>Material recolectado</b>	<input type="text" value="750"/>	
<b>Material viable</b>	<input type="text" value="700"/>	
<b>Porcentaje de pureza</b>	<input type="text" value="96"/>	Campo opcional
<b>Observaciones</b>	Campo opcional <div style="border: 1px solid gray; height: 40px;"></div>	
<b>Fecha de recolección</b>	Fecha: <input type="text" value="19/10/2007"/>	
	Hora: <input type="text" value="08:14:54 AM"/>	
	Digite A o P para alternar entre AM/PM	
	<input type="button" value="Insertar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga y despliega el nombre de la fuente semillera que el usuario con anterioridad ha seleccionado [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona la fuente semillera donde se encuentra el árbol.	
	3. El sistema carga el código del árbol, el tipo de material y la fecha de registro del árbol [B].
4. El usuario selecciona la información asociada al árbol.	

Sistema de soporte a la toma de decisiones en Viveros Automatizados Utilizando OLAP y Minería de Datos

- 9 -



5. El usuario ingresa el número de semillas recolectadas en el árbol [C].	
6. El usuario ingresa el número de semillas viables de la recolección realizada al árbol [D].	
7. El usuario ingresa el porcentaje de pureza de la semilla [E].	
8. El usuario ingresa las observaciones relacionadas a la recolección [F].	
9. El usuario ingresa la fecha y hora en la que se realizó la recolección [G] y [H].	
10. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [L].	11. El sistema registra la recolección e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 2.** Caso de uso real Ingresar Recolecciones de Material de Propagación



## CASO DE USO REAL: INGRESAR GRUPO PRE-GERMINATIVO

Grupos pre-germinativos

Recolecciones de material de propagación:

[Id] - [Fuente material] - [Árbol productor] - [Cantidad material] - [Fecha recolección]

Nuevo registro [Buscar registro](#)

Recolección de material	[8] -- [Fuente Cajete] -- [CAJ-001] -- [202] -- [15/09/2007 8:00:00 a.m.]		A
Tratamiento pre-germinativo	Escarificación con ácido		B
Nombre del grupo	Alfa		C
Cantidad de material	150		D
Cantidad de material viable	130		E
Semillas por kilogramo	30		F
Diametro longitudinal	2,4	Campo opcional	G
Diametro transversal	3,1	Campo opcional	H
Observaciones	Campo opcional		I
Fecha inicio	Fecha:	17/09/2007	J
	Hora:	10:00:00 AM	K
	Digite A o P para alternar entre AM/PM		
Fecha fin	Fecha:	17/09/2007	L
	Hora:	10:20:00 AM	M
	Digite A o P para alternar entre AM/PM		

Insertar Cancelar

N

## CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el identificador de la fuente, el nombre de la fuente semillera, el código del árbol, la cantidad de material viable y la fecha de recolección [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona la información asociada a una recolección.	
	3. El sistema carga el nombre de los tratamientos pre-germinativos [B].
4. El usuario selecciona el tipo de tratamiento pre-germinativo que se le va a	



aplicar al grupo pre-germinativo a crear.	
5. El usuario ingresa un nombre para el nuevo grupo pre-germinativo [C].	
6. El usuario ingresa la cantidad de semillas que formarán el grupo pre-germinativo [D].	
7. El usuario ingresa la cantidad de semillas viables que sobrevivieron al tratamiento pre-germinativo aplicado [E].	
8. El usuario ingresa el número de semillas presentes en un kilogramo [F].	
9. El usuario ingresa el diámetro transversal y longitudinal promedio de las semillas [G] y [H].	
10. El usuario ingresa las observaciones relacionadas al grupo pre-germinativo [I].	
11. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio del tratamiento pre-germinativo [J] y [K].	
12. El usuario ingresa la fecha y hora de finalización del tratamiento pre-germinativo [L] y [M].	
13. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [N].	14. El sistema registra el grupo pre-germinativo e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 3.** Caso de uso real Ingresar Grupo Pre-germinativo



**CASO DE USO REAL: INGRESAR GRUPO GERMINATIVO**

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

Grupos germinativos

Asignación de dispositivos

Mediciones automáticas

Mediciones manuales

**Grupos germinativos**

Grupos pre-germinativos:  
[Nombre del grupo] --- [Material viable] --- [Rango de fechas] [icon]

Nuevo registro Buscar registro

Grupo pre-germinativo	[PG2-1-CAJ-002] -- [103] -- [18/08/2007 2:50:22 p.m. - 19/08/2007 1:50:22 p.m.] [A]
Sustrato	Sustrato Tierra + Abono + Arena [B]
Nombre del grupo	BETA [C]
Cantidad de material	103 [D]
Cantidad de material viable	99 [E]
Cantidad germinada	96 [F]
Posición de siembra	Vertical [G]
Sistema de siembra	Lineal [H]
Observaciones	Campo opcional recordar que con la posición de siembra vertical, la punta de la semilla va hacia abajo, enterrada en la tierra y el sistema de siembra lineal es crear una línea en la tierra e ir sembrando cada semilla ahí. [I]
Fecha inicio	Fecha: 20/08/2007 [J] Hora: 07:00:01 PM [K] Digite A o P para alternar entre AM/PM
Fecha fin	Fecha: 07/09/2007 [L] Hora: 03:15:40 PM [M] Digite A o P para alternar entre AM/PM

Insertar Cancelar [N]

CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el nombre del grupo pre-germinativo, la cantidad de material viable y la fecha de creación del grupo pre-germinativo [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona la información asociada a un grupo pre-germinativo.	
	3. El sistema carga el nombre de los sustratos [B].
4. El usuario selecciona el tipo de sustrato en el que serán sembradas las semillas.	



5. El usuario ingresa un nombre para el nuevo grupo germinativo [C].	
6. El usuario ingresa la cantidad de semillas que formarán el grupo germinativo [D].	
7. El usuario ingresa la cantidad de semillas viables que sobrevivieron en esta etapa [E].	
8. El usuario ingresa la cantidad de semillas viables que germinaron [F].	
	9. El sistema carga las diversas posiciones de siembra [G].
10. El usuario selecciona la posición de siembra.	
	11. El sistema carga el nombre de los sistemas de siembra [H].
12. El usuario selecciona el sistema de siembra.	
13. El usuario ingresa las observaciones relacionadas al grupo pre-germinativo [I].	
14. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio del proceso germinativo [J] y [K].	
15. El usuario ingresa la fecha y hora de finalización del proceso germinativo [L] y [M].	
16. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [N].	17. El sistema registra el grupo germinativo e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 4.** Caso de uso real Ingresar Grupo Germinativo



**CASO DE USO REAL: INGRESAR GRUPO DE REPIQUE**

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

Grupos de repique

Asignación de dispositivos

Mediciones automáticas

Mediciones manuales

Plagas

Tratamientos

**Grupos de repique**

Nuevo registro

Fuente de origen	Tipo de fuente: <input type="text" value="Grupo germinativo"/> <b>A</b> Fuente: <input type="text" value="[G3-PG2-1-CAJ-002] -- [11] -- [20/08/2007 8:00:00 a.m. - 03/09/2007 5:30:00 p.m.]"/> <b>B</b>
Sustrato	<input type="text" value="Sustrato Tierra + Arena"/> <b>C</b>
Nombre del grupo	<input type="text" value="R1-G3-PG2-1-CAJ-002"/> <b>D</b>
Cantidad de material	<input type="text" value="11"/> <b>E</b>
Cantidad de material viable	<input type="text" value="10"/> <b>F</b>
Observaciones	<div style="border: 1px solid gray; height: 40px; width: 100%;"></div> <b>G</b>
Fecha inicio	Fecha: <input type="text" value="01/10/2007"/> <b>H</b> Hora: <input type="text" value="09:12:15 AM"/> <b>I</b> Digite A o P para alternar entre AM/PM
Fecha fin	Fecha: <input type="text" value="19/10/2007"/> <b>J</b> Hora: <input type="text" value="03:45:54 PM"/> <b>K</b> Digite A o P para alternar entre AM/PM

Insertar Cancelar

**L**

**CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS**

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el tipo de origen de fuente [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona un tipo de origen de fuente.	
	3. El sistema carga el nombre del grupo germinativo, el número de material germinado y los rangos de fecha de inicio y fin del proceso germinativo [B].
4. El usuario selecciona la información asociada a un grupo germinativo.	
	5. El sistema carga el nombre de



	los sustratos [C].
6. El usuario selecciona el tipo de sustrato en el que serán sembradas las plántulas.	
7. El usuario ingresa un nombre para el nuevo grupo de repique [D].	
8. El usuario ingresa la cantidad de plántulas que formarán el grupo de repique [E].	
9. El usuario ingresa la cantidad de plántulas viables que sobrevivieron en esta etapa [F].	
10. El usuario ingresa las observaciones relacionadas al grupo de repique [G].	
11. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio del proceso de repique [H] y [I].	
12. El usuario ingresa la fecha y hora de finalización del proceso de repique [J] y [K].	
13. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [L].	14. El sistema registra el grupo de repique e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 5.** Caso de uso real Ingresar Grupo de Repique





### CASO DE USO REAL: ASIGNAR TRATAMIENTO DE REPIQUE

### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el nombre del grupo de repique, el número de material viable y los rangos de fecha de inicio y fin del proceso de repique [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona la información asociada a un grupo de repique.	
	3. El sistema carga el nombre de los tratamientos [B].
4. El usuario selecciona el tipo de tratamiento que se le aplicó a la plántula.	
5. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio del tratamiento al grupo de repique [C] y [D].	



6. El usuario ingresa la fecha y hora de finalización del tratamiento al grupo de repique [E] y [F].	
7. El usuario ingresa las observaciones relacionadas al tratamiento aplicado al grupo de repique [G].	
8. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [H].	9. El sistema registra el tratamiento aplicado al grupo de repique e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 6.** Caso de uso real Asignar Tratamiento de Repique



**CASO DE USO REAL: ASIGNAR DISPOSITIVO DE MEDICIÓN**

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

**Asignación de dispositivos de medición**

Dispositivos de medición:  
[[]d] -- [Código] ▾

Nuevo registro

Dispositivo de medición	[19] -- [1] <span style="float: right;">A</span>
Grupo	Tipo de grupo: Grupo de repique ▾ <span style="float: right;">B</span>
	Grupo: [R1-G1-PG2-1-CAJ-001] -- [28/08/2007 8:00:00 a.m. - 20/09/2007 8:00:00 a.m.] ▾ <span style="float: right;">C</span>
Fecha instalación	Fecha: 19/10/2007 <span style="float: right;">D</span>
	Hora: 06:00:00 AM <span style="float: right;">E</span>
	Digite A o P para alternar entre AM/PM
Fecha desinstalación	Fecha: 26/10/2007 <span style="float: right;">F</span>
	Hora: 12:00:00 AM <span style="float: right;">G</span>
	Digite A o P para alternar entre AM/PM

Insertar Cancelar

H

**CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS**

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el nombre de los dispositivos de medición disponibles [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona un dispositivo de medición.	
	3. El sistema carga el nombre de los tipos de grupo [B].
4. El usuario selecciona el tipo de grupo (germinativo o de repique) al que le asignará el dispositivo.	
	5. El sistema carga el nombre del grupo de repique y los rangos de fecha de inicio y fin del proceso de repique [C].
6. El usuario selecciona la información asociada a un grupo de repique.	
7. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio de instalación del dispositivo al grupo de repique [D] y [E].	
8. El usuario ingresa la fecha y hora de	



finalización de la desinstalación del dispositivo al grupo de repique [F] y [G].	
9. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [H].	10. El sistema registra la asignación de un dispositivo a un grupo de repique e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 7.** Caso de uso real Asignar Dispositivo de Medición



**CASO DE USO REAL: ASIGNAR PLAGAS A UN GRUPO DE REPIQUE**

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Repique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

**Plagas para un grupo de repique**

Grupos de repique: [Nombre del grupo] --- [Material viable] --- [Rango de fechas] A

[Nuevo registro](#) [Buscar registro](#)

Grupo de repique	[R1-G1-PG1-1-CAJ-003] -- [80] -- [03/09/2007 11:00:00 a.m. - 22/09/2007 4:00:00 p.m.] <span style="float: right;">A</span>
Plaga	Hongos <span style="float: right;">B</span>
Fecha de inicio	Fecha: 01/10/2007 <span style="float: right;">C</span>
	Hora: 05:00:00 AM <span style="float: right;">D</span> <small>Digite A o P para alternar entre AM/PM</small>
Fecha fin	Fecha: 12/10/2007 <span style="float: right;">E</span>
	Hora: 06:00:00 PM <span style="float: right;">F</span> <small>Digite A o P para alternar entre AM/PM</small>
Observaciones	Campo opcional los hongos afectaron tallos y hojas, sin embargo la raíz se observa sana. <span style="float: right;">G</span>

Insertar Cancelar H

**CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS**

Acción del actor	Respuesta del sistema
	1. El sistema carga el nombre del grupo de repique, el número de plántulas viables y los rangos de fecha de inicio y fin del proceso de repique [A].
2. El usuario (administrador o el operario) selecciona la información asociada a un grupo de repique.	
	3. El sistema carga el nombre de las plagas [B].
4. El usuario selecciona el tipo de plaga que atacó al grupo de repique.	
5. El usuario ingresa la fecha y hora de inicio del ataque de la plaga al grupo de repique [C] y [D].	
6. El usuario ingresa la fecha y hora de finalización del ataque de la plaga al	



grupo de repique [E] y [F].	
7. El usuario ingresa las observaciones pertinentes, relacionadas al ataque de la plaga al grupo de repique [G].	
8. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [H].	9. El sistema registra el ataque de la plaga sobre el grupo de repique e informa el éxito de la inserción.
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 8.** Caso de uso real Asignar Plagas a un Grupo de Repique

### CASO DE USO REAL: INGRESAR Y CONSULTAR SUSTRATOS BÁSICOS

#### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario ingresa un nombre para el sustrato básico [A].	
2. El usuario ingresa la fórmula química del sustrato [B].	
3. El usuario ingresa la descripción pertinente sobre el sustrato [C].	
4. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [D].	5. El sistema registra el nuevo sustrato básico e informa el éxito de la inserción.
6. El usuario consulta los sustratos básicos creados [E].	

#### TRAZABILIDAD

Artefactos anteriores	Artefactos posteriores
Artefactos del Análisis: Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 9.** Caso de uso real Ingresar y Consultar Sustratos Básicos



## CASO DE USO REAL: INGRESAR Y CONSULTAR SUSTRATO COMPUESTO

Trabajo de campo :: Pre-germinación :: Germinación :: Repique :: Análisis :: Opciones :: Cerrar sesión :: X

**Sustratos compuestos**

[Nuevo registro](#) [Buscar registro](#)

Nombre del sustrato: arena+aserrín+tierra+a **A**

Composición:

- Tierra **B**
- Abono **C**
- 25% Arena **E**
- 25% Aserrín **F**

Porcentaje acumulado: 50%

**D** **H** **G**

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

Trabajo de campo :: Pre-germinación :: Germinación :: Repique :: Análisis :: Opciones :: Cerrar sesión :: X

**Sustratos compuestos**

[Nuevo registro](#) [Buscar registro](#)

Primera Anterior Página 1 de 1 Siguiente Última Registro 1 al 7 de 7 Tamaño paginación: 20

	Nombre Sustrato	Composición
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Tierra + Arena	75% Tierra 25% Arena
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Tierra	100% Tierra
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Arena	100% Arena
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Tierra + Abono + Arena	40% Abono 50% Tierra 10% Arena
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Abono	100% Abono
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato Tierra + Abono	50% Abono 50% Tierra
<a href="#">Ver detalles</a>	Sustrato arena+aserrín+tierra+abono	25% Abono 25% Tierra 25% Aserrín 25% Arena <b>I</b>

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario ingresa un nombre para el sustrato compuesto [A].	
	2. El sistema carga automáticamente





	el nombre de los sustratos básicos existentes [B].
3. El usuario selecciona los sustratos básicos a partir de los cuales creará un sustrato compuesto.	
4. El usuario ingresa el porcentaje que tendrá cada sustrato básico [C].	
5. El usuario puede comprobar el porcentaje acumulativo de los sustratos ya escogidos [D].	
6. El usuario puede seleccionar los sustratos ya agregados en [G] y podrá adicionarlos o quitarlos a través de [E] y [F].	
7. El usuario puede comprobar en [G] los sustratos básicos finalmente escogidos para formar el sustrato compuesto.	
8. El usuario da clic en la opción Insertar para poder almacenar la información digitada anteriormente [H].	9. El sistema registra el nuevo sustrato compuesto e informa el éxito de la inserción.
10. El usuario consulta y verifica el sustrato compuesto creado [E].	
<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>
<i>Artefactos del Análisis:</i> Diagrama general de casos de uso	

**Tabla 10.** Caso de uso real Ingresar y Consultar Sustrato Compuesto



### CASO DE USO REAL: CONSULTAR MEDICIONES AUTOMÁTICAS

:: Regresar ::

**Mediciones del grupo germinativo G3-PG2-1-CAJ-002** A

Variables:  
[Automatica] -- [Temperatura] B

[Primera](#) [Anterior](#) Página 1 de 70 [Siguiete](#) [Ultima](#) Registro 1 al 20 de 1382 Tamaño paginación: 20 D

**MEDICIONES DE TEMPERATURA**

20/08/2007 8:00:00 a.m. - 20/08/2007 12:45:00 p.m.

Valor	Unidades	Fecha Medición	Dispositivo Medición
12,99	C°	20/08/2007 8:00:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,13	C°	20/08/2007 8:15:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,82	C°	20/08/2007 8:30:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,89	C°	20/08/2007 8:45:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,8	C°	20/08/2007 9:00:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,68	C°	20/08/2007 9:15:00 a.m.	9 - UDC-0009
12,62	C°	20/08/2007 9:30:00 a.m.	9 - UDC-0009

C

E

### CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS

Acción del actor	Respuesta del sistema
1. El usuario (administrador u operario o investigador) selecciona previamente el grupo germinativo [A].	
	2. El sistema carga el tipo de variable y el nombre de la misma [B].
3. El usuario selecciona la variable a graficar.	
	4. El sistema grafica el comportamiento de la variable en un rango de tiempo [C].



---

<b>TRAZABILIDAD</b>	
<b>Artefactos anteriores</b>	<b>Artefactos posteriores</b>

**Tabla 11.** Caso de uso real Consultar Mediciones Automáticas



# **ANEXO B – MODELOS FÍSICOS**



## 2 BASE DE DATOS SISTEMA OLTP WEB

### 2.1 DIAGRAMAS

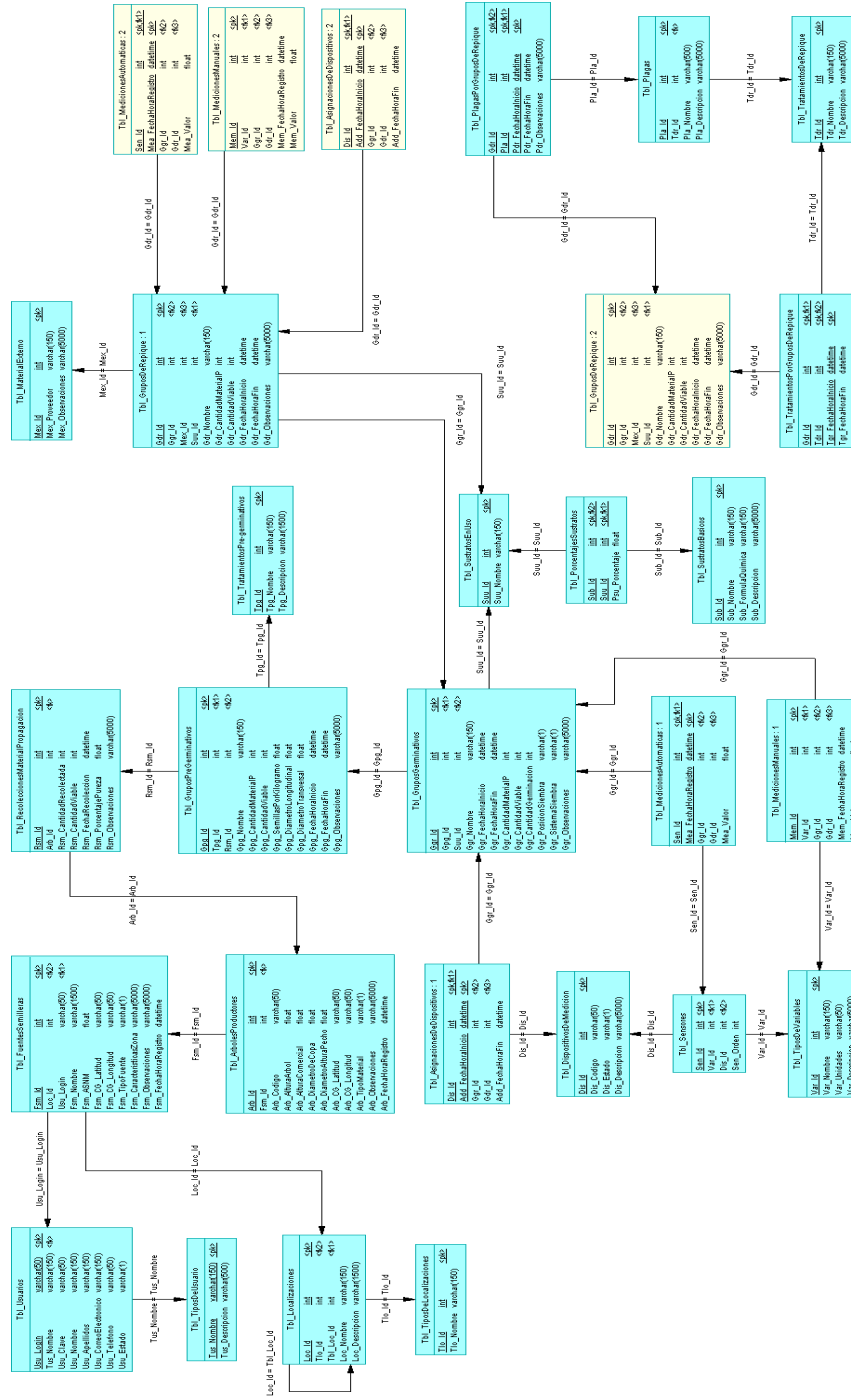


Figura 1. Diagrama físico general – Base de datos sistema OLTP Web

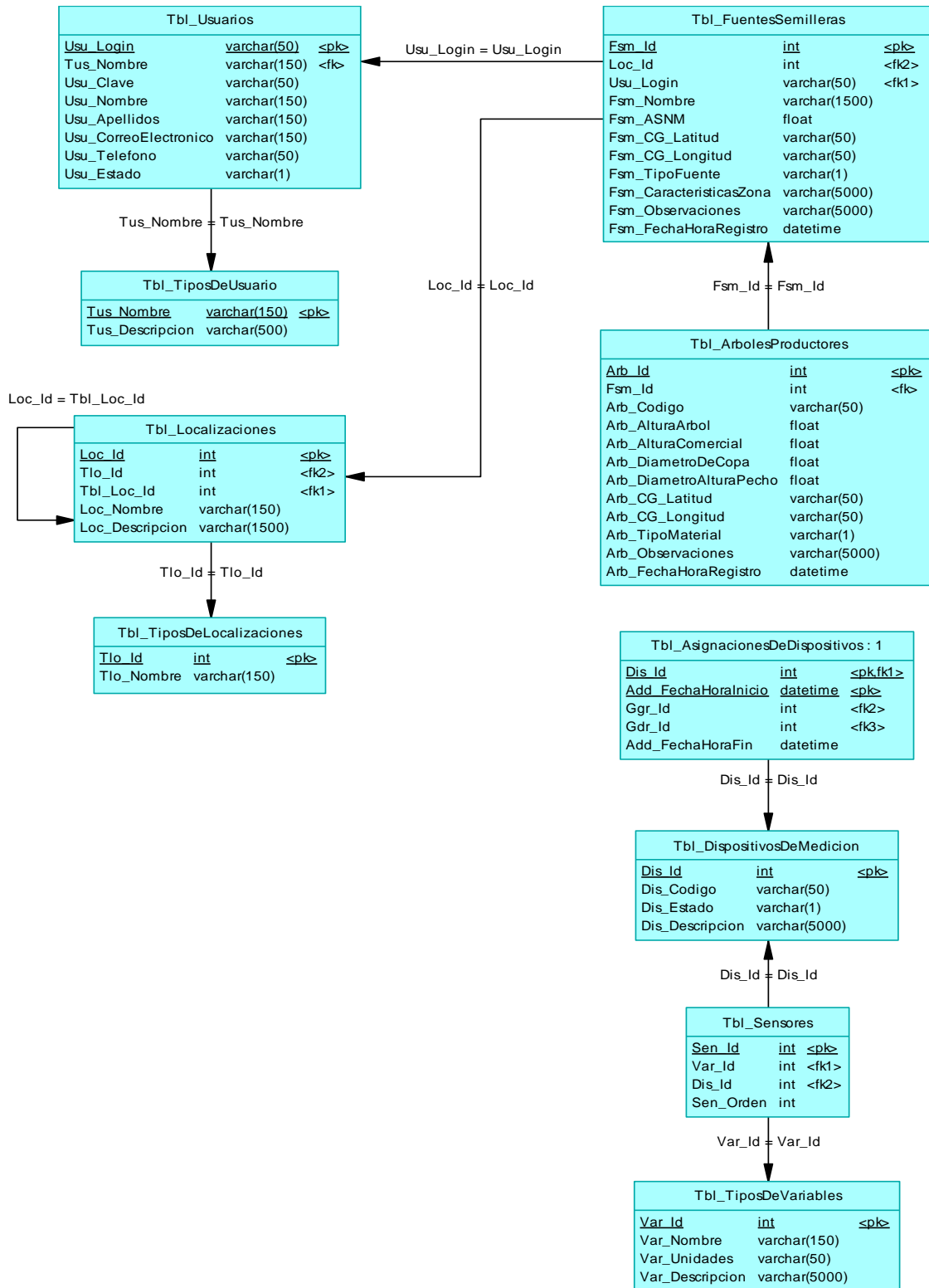


Figura 2. Detalle izquierdo del diagrama físico – Base de datos sistema OLTP Web

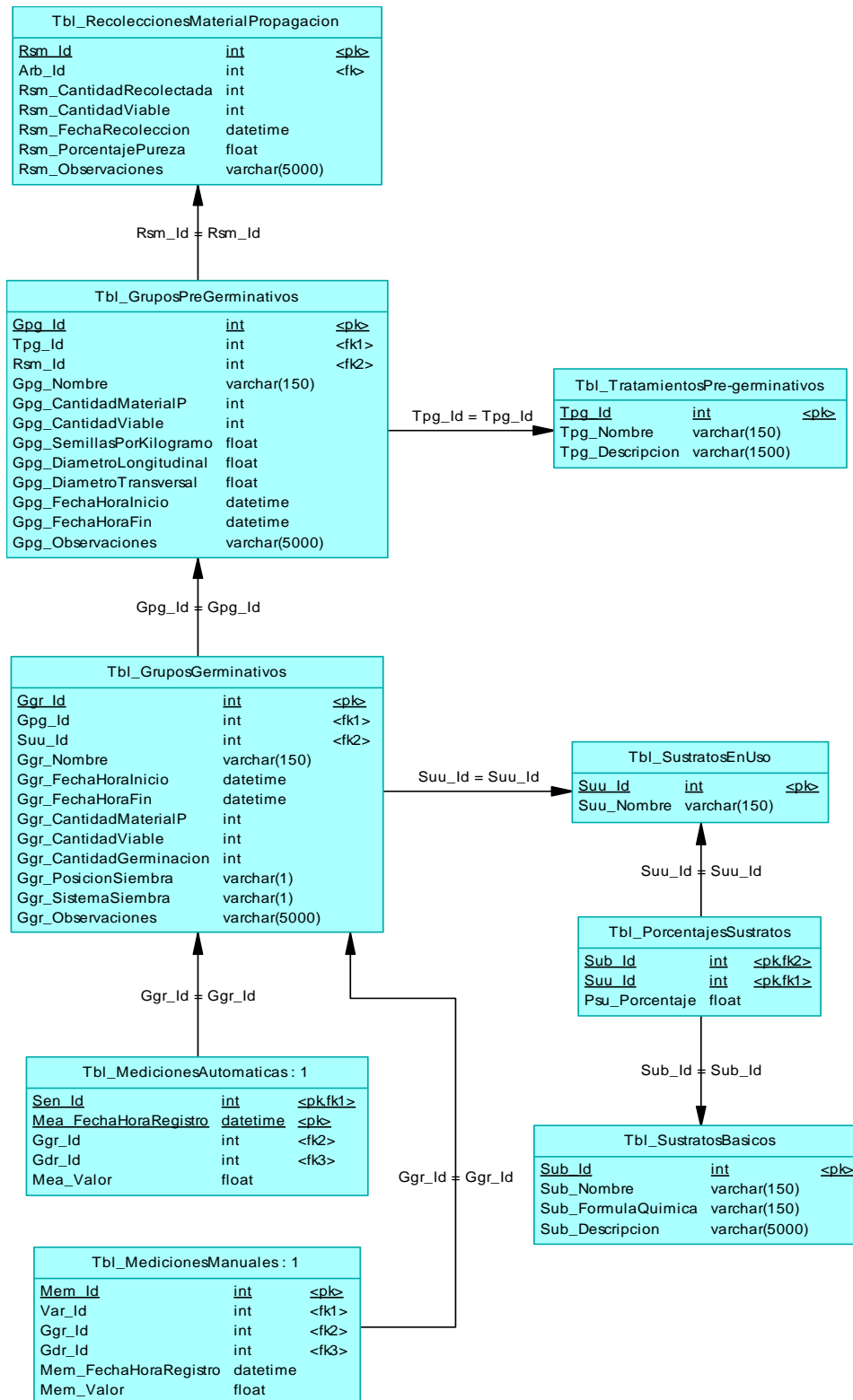


Figura 3. Detalle central del diagrama físico – Base de datos sistema OLTP Web

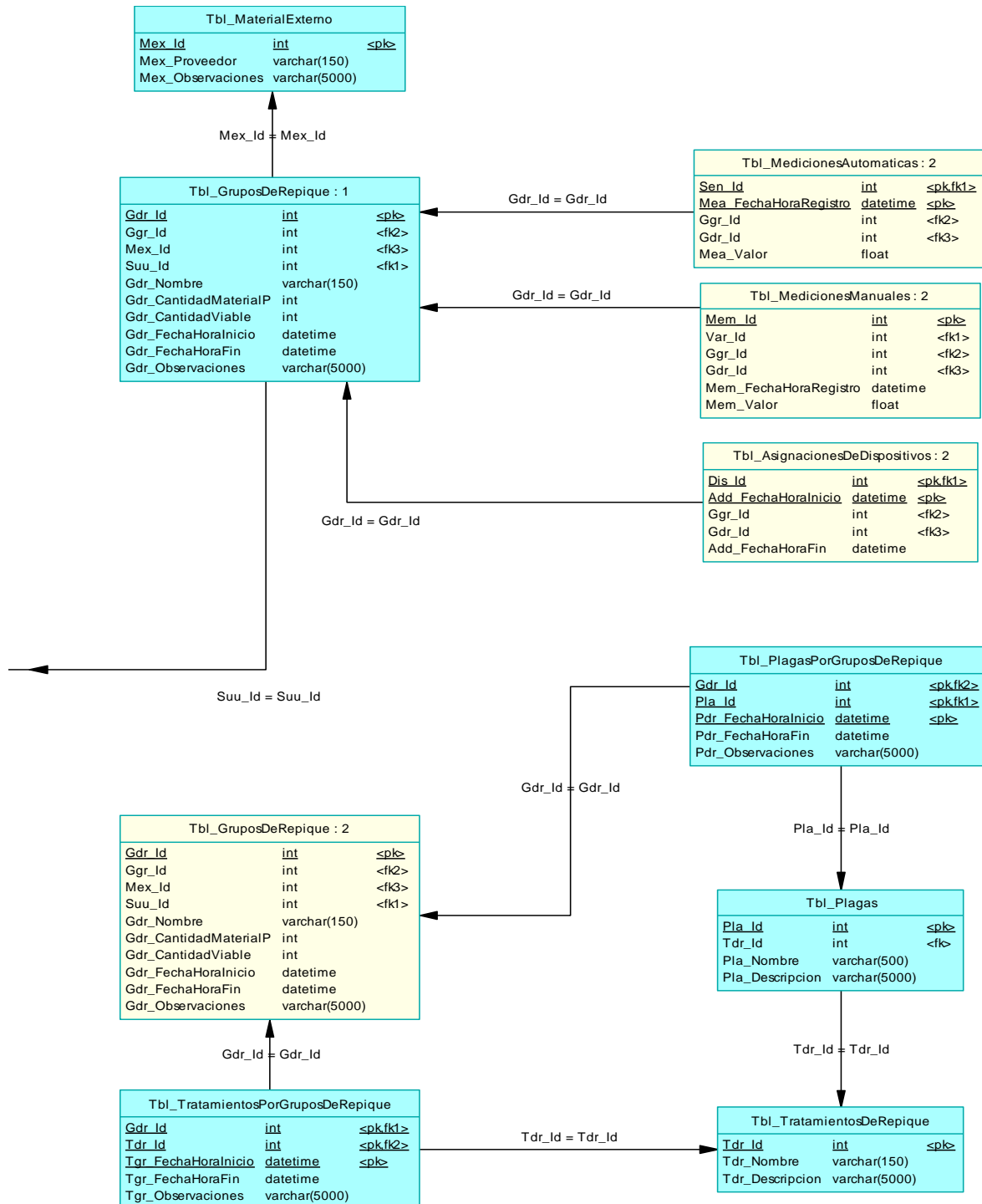


Figura 4. Detalle derecho del diagrama físico – Base de datos sistema OLTP Web





## 2.2 LISTA DE TABLAS

TABLAS	LLAVES PRIMARIAS
Tbl_ArbolesProductores	Arb_Id
Tbl_AsignacionesDeDispositivos	Dis_Id, Add_FechaHoralnicio
Tbl_DispositivosDeMedicion	Dis_Id
Tbl_FuentesSemilleras	Fsm_Id
Tbl_GruposDeRepique	Gdr_Id
Tbl_GruposGerminativos	Ggr_Id
Tbl_GruposPreGerminativos	Gpg_Id
Tbl_Localizaciones	Loc_Id
Tbl_MaterialExterno	Mex_Id
Tbl_MedicionesAutomaticas	Mea_FechaHoraRegistro
Tbl_MedicionesManuales	Mem_Id
Tbl_Plagas	Pla_Id
Tbl_PlagasPorGruposDeRepique	Gdr_Id, Pla_Id, Pdr_FechaHoralnicio
Tbl_PorcentajesSustratos	Suu_Id, Sub_Id
Tbl_RecoleccionMaterialPropagacion	Rsm_Id
Tbl_Sensores	Sen_Id
Tbl_SustratosBasicos	Sub_Id
Tbl_SustratosEnUso	Suu_Id
Tbl_TiposDeLocalizaciones	Tlo_Id
Tbl_TiposDeUsuario	Tus_Nombre
Tbl_TiposDeVariables	Var_Id
Tbl_TratamientosDeRepique	Tdr_Id
Tbl_TratamientosPorGruposDeRepique	Gdr_Id, Tdr_Id, Tgr_FechaHoralnicio
Tbl_TratamientosPre-germinativos	Tpg_Id
Tbl_Usuarios	Usu_Login

**Tabla 12.** Lista de tablas – Base de datos sistema OLTP Web



## 2.3 LISTA DE RELACIONES

NOMBRE	TABLA PADRE	TABLA HIJO
Es_un_1	Tbl_TiposDeUsuario	Tbl_Usuarios
Tiene_1	Tbl_FuentesSemilleras	Tbl_ArbolesProductores
Tiene_2	Tbl_ArbolesProductores	Tbl_RecoleccionesMaterialPropagacion
Emplea_1	Tbl_TratamientosPre-germinativos	Tbl_GruposPreGerminativos
Procesa_1	Tbl_RecoleccionesMaterialPropagacion	Tbl_GruposPreGerminativos
Procesa_2	Tbl_GruposPreGerminativos	Tbl_GruposGerminativos
Se_localiza_1	Tbl_Localizaciones	Tbl_Localizaciones
Tiene_3	Tbl_TiposDeLocalizaciones	Tbl_Localizaciones
Registra_1	Tbl_Usuarios	Tbl_FuentesSemilleras
Emplea_2	Tbl_SustratosEnUso	Tbl_GruposGerminativos
Mide_1	Tbl_TiposDeVariables	Tbl_Sensores
Realiza_1	Tbl_Sensores	Tbl_MedicionesAutomaticas
Tiene_4	Tbl_TiposDeVariables	Tbl_MedicionesManuales
Se_ubica_1	Tbl_Localizaciones	Tbl_FuentesSemilleras
Tiene_5	Tbl_GruposGerminativos	Tbl_MedicionesManuales
Tbl_PorcentajesSustratos	Tbl_SustratosBasicos	Tbl_PorcentajesSustratos
Tbl_PorcentajesSustratos	Tbl_SustratosEnUso	Tbl_PorcentajesSustratos
Procesa_3	Tbl_GruposGerminativos	Tbl_GruposDeRepique
Procesa_4	Tbl_MaterialExterno	Tbl_GruposDeRepique
Emplea_3	Tbl_SustratosEnUso	Tbl_GruposDeRepique
Es_asignado	Tbl_DispositivosDeMedicion	Tbl_AsignacionesDeDispositivos
Se_asigna_1	Tbl_GruposGerminativos	Tbl_AsignacionesDeDispositivos
Tiene_8	Tbl_DispositivosDeMedicion	Tbl_Sensores
Tiene_9	Tbl_GruposGerminativos	Tbl_MedicionesAutomaticas
Se_asigna_2	Tbl_GruposDeRepique	Tbl_AsignacionesDeDispositivos
Tiene_10	Tbl_GruposDeRepique	Tbl_MedicionesAutomaticas
Tiene_11	Tbl_GruposDeRepique	Tbl_MedicionesManuales
Tiene_12	Tbl_Plagas	Tbl_PlagasPorGruposDeRepique
Tiene_13	Tbl_GruposDeRepique	Tbl_TratamientosPorGruposDeRepique
Tiene_15	Tbl_GruposDeRepique	Tbl_PlagasPorGruposDeRepique
Reference_32	Tbl_TratamientosDeRepique	Tbl_TratamientosPorGruposDeRepique
Reference_33	Tbl_TratamientosDeRepique	Tbl_Plagas

**Tabla 13.** Lista de relaciones – Base de datos sistema OLTP Web



### 3 BODEGA DE DATOS

#### 3.1 DIAGRAMAS

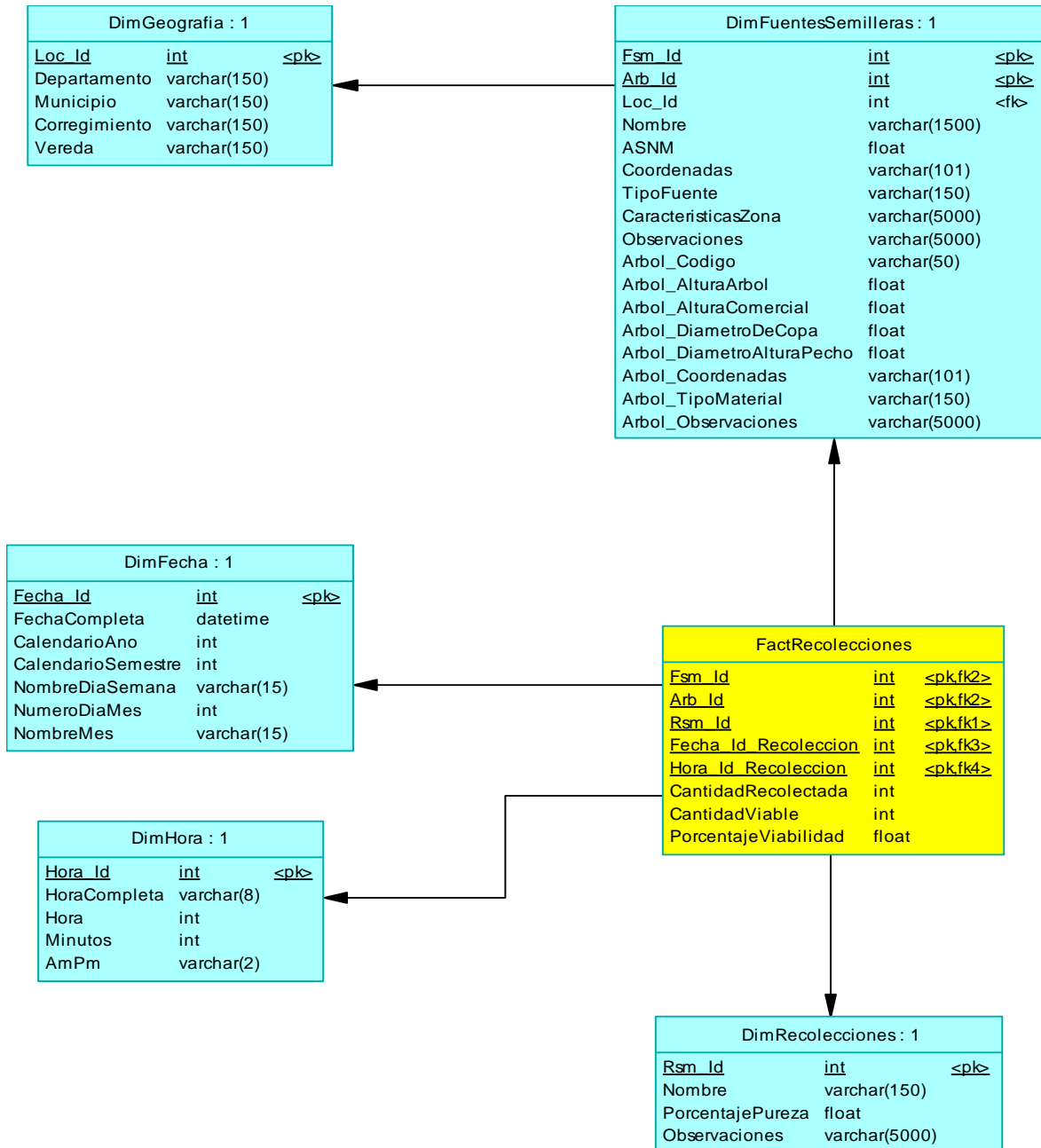


Figura 5. Diagrama físico Data Mart Recolecciones – Bodega de Datos

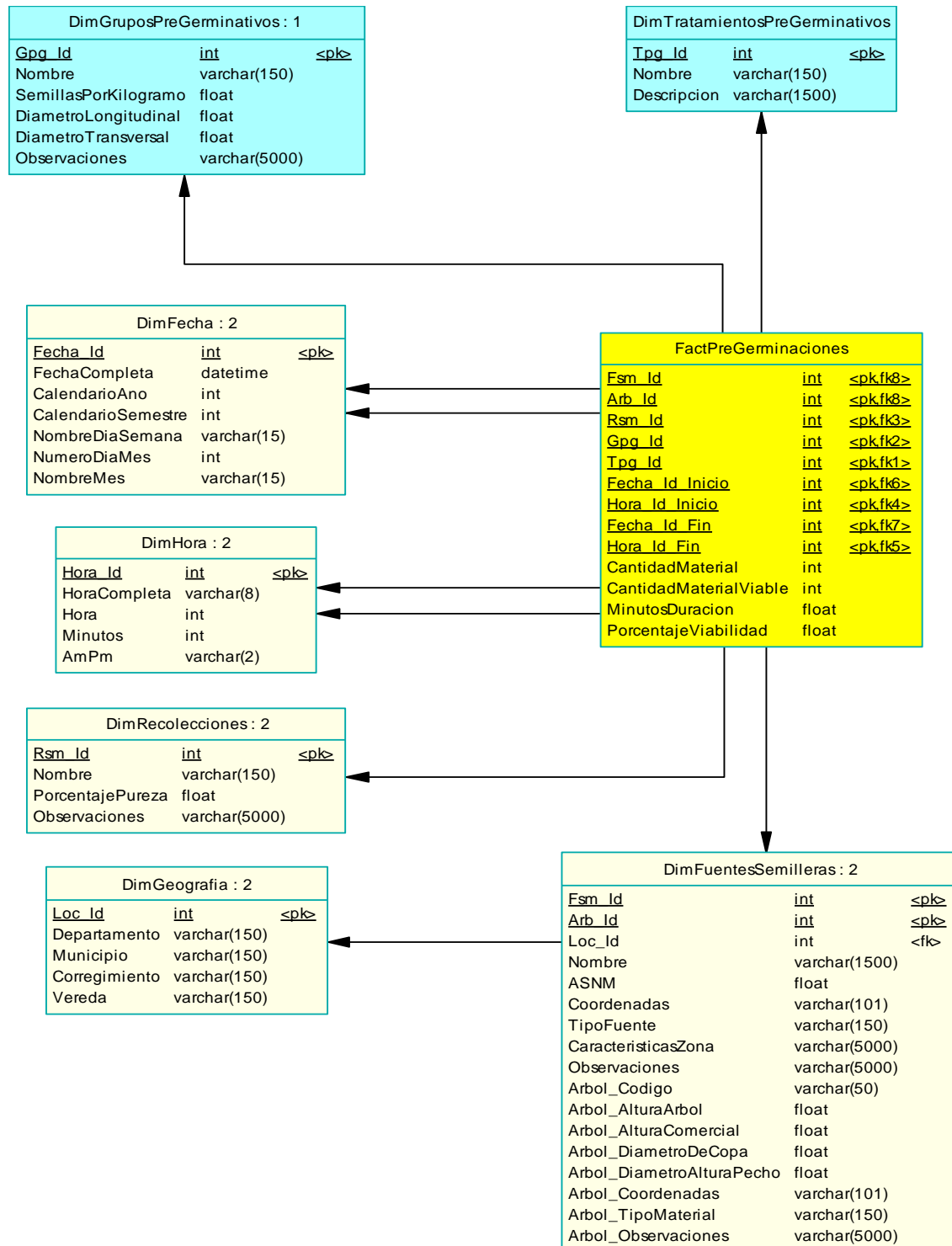


Figura 6. Diagrama físico Data Mart PreGerminaciones – Bodega de Datos

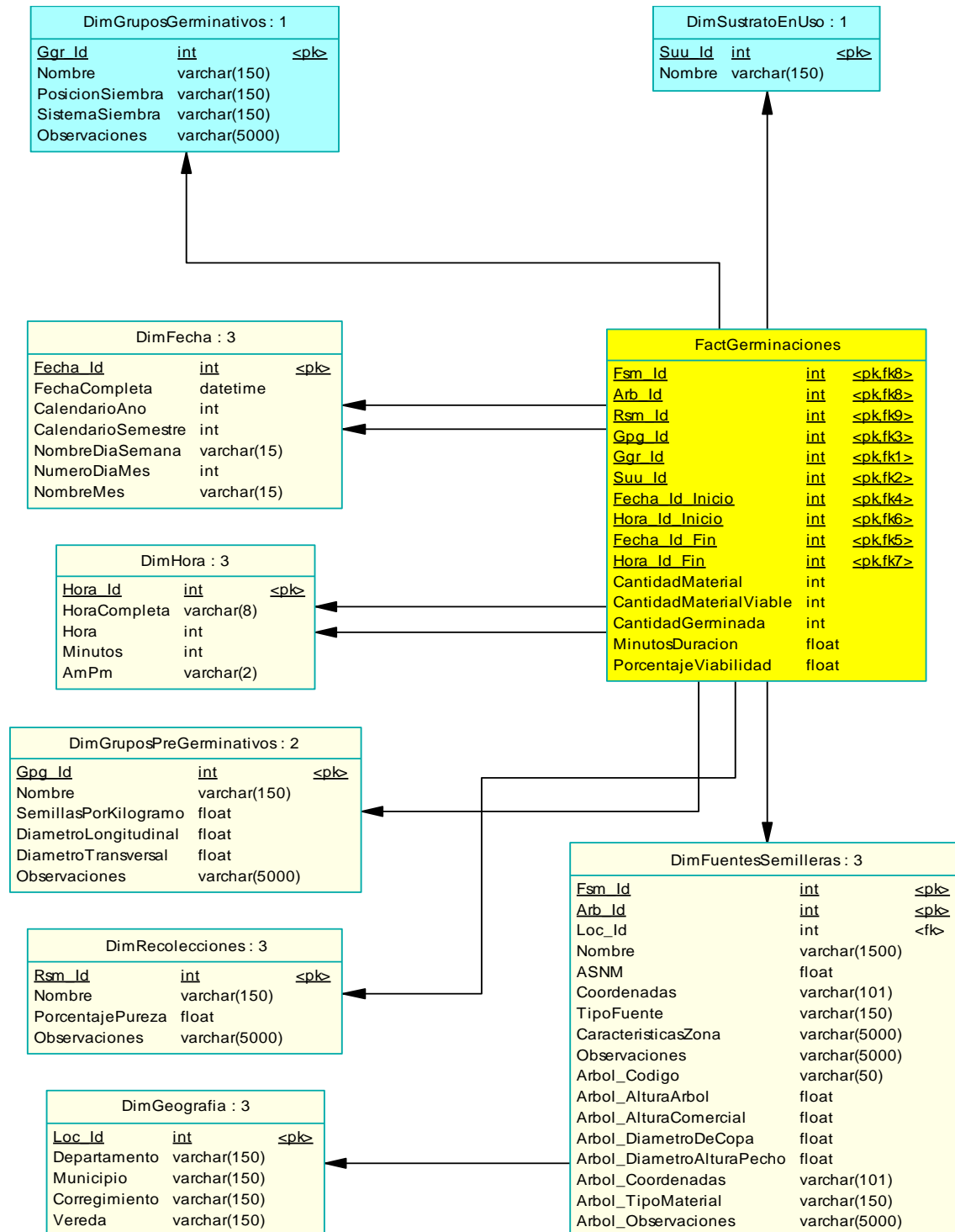


Figura 7. Diagrama físico Data Mart Germinaciones – Bodega de Datos

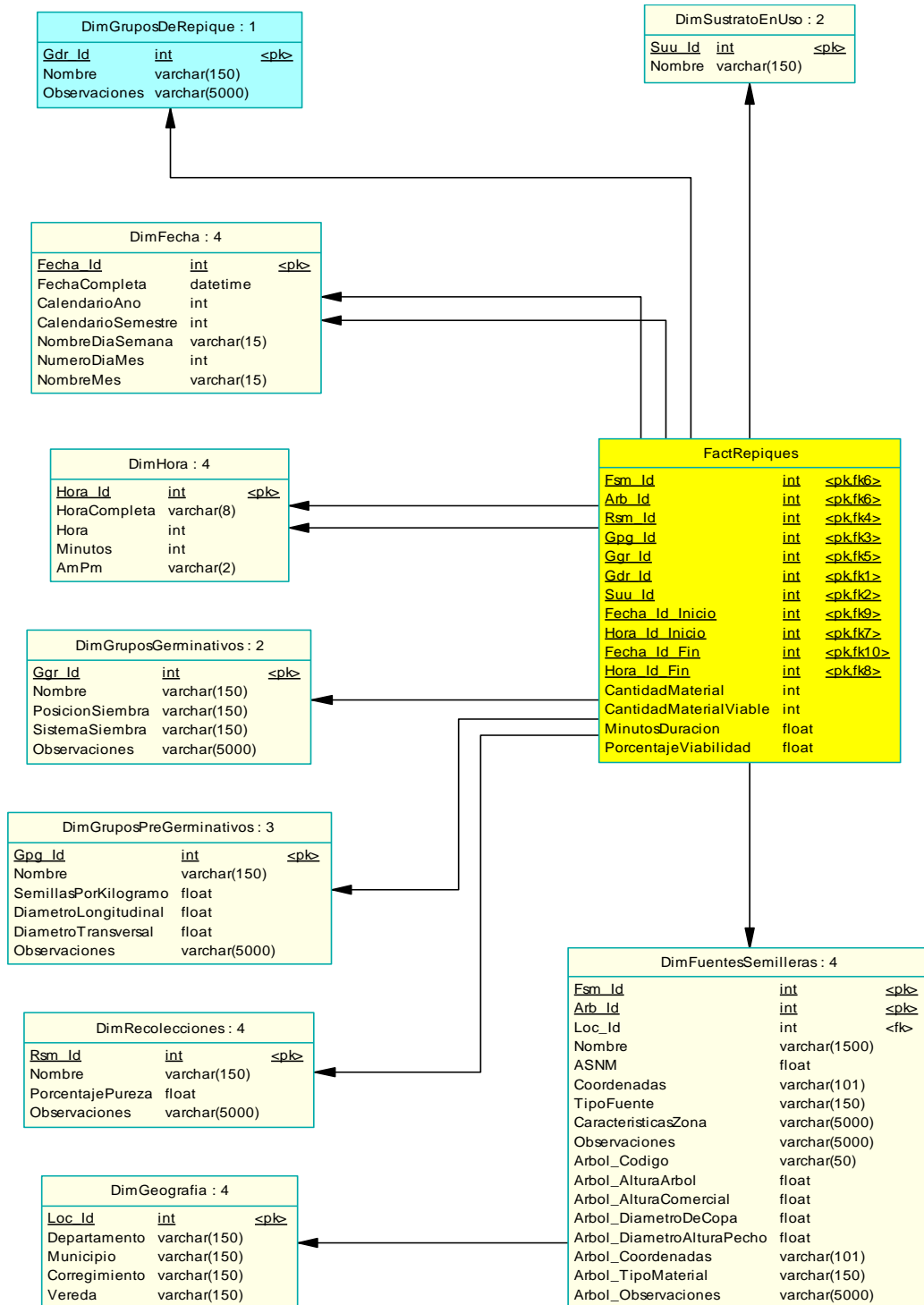


Figura 8. Diagrama físico Data Mart Repiques – Bodega de Datos

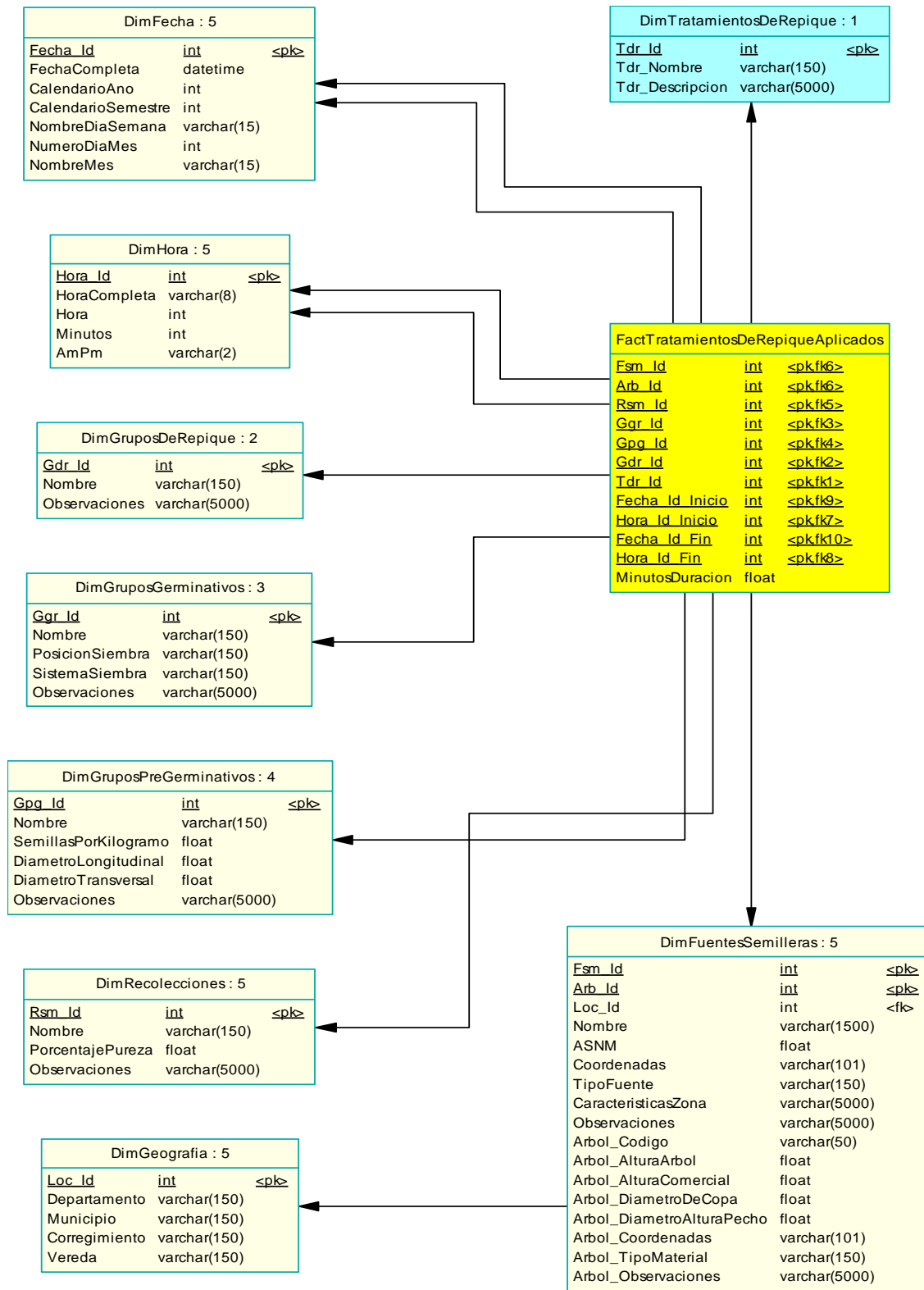


Figura 9. Diagrama físico Data Mart Tratamientos de Repiques – Bodega de Datos

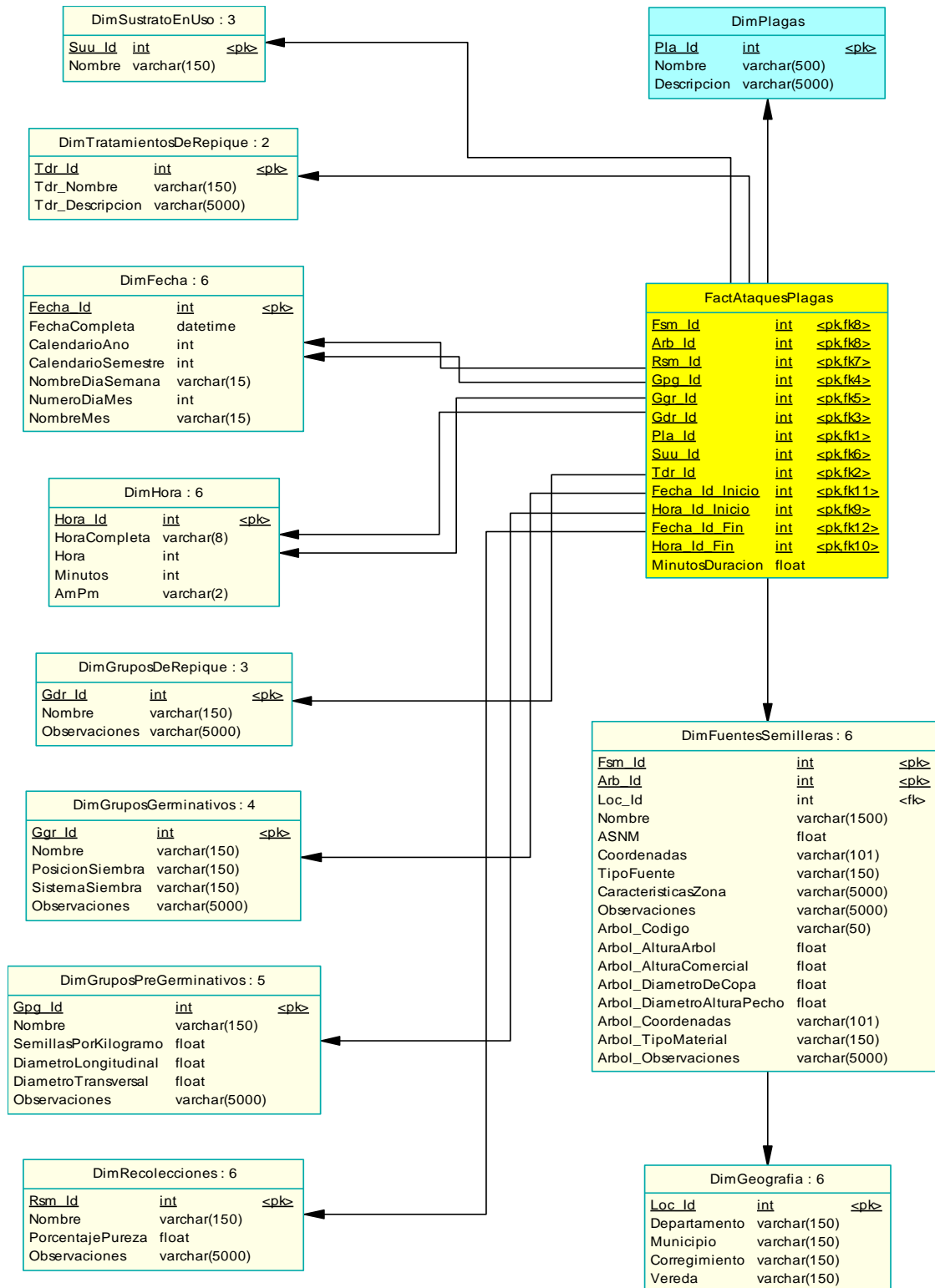


Figura 10. Diagrama físico Data Mart Plagas – Bodega de Datos





### 3.2 LISTA DE TABLAS

TABLAS	LLAVES PRIMARIAS
DimFecha	Fecha_Id
DimFuentesSemilleras	Fsm_Id, Arb_Id
DimGeografia	Loc_Id
DimGruposDeRepique	Gdr_Id
DimGruposGerminativos	Ggr_Id
DimGruposPreGerminativos	Gpg_Id
DimHora	Hora_Id
DimPlagas	Pla_Id
DimRecolecciones	Rsm_Id
DimSustratoEnUso	Suu_Id
DimTratamientosDeRepique	Tdr_Id
DimTratamientosPreGerminativos	Tpg_Id
FactAtaquesPlagas	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Gpg_Id, Ggr_Id, Gdr_Id, Pla_Id, Suu_Id, Tdr_Id, Fecha_Id_Inicio, Hora_Id_Inicio, Fecha_Id_Fin, Hora_Id_Fin
FactGerminaciones	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Gpg_Id, Ggr_Id, Suu_Id, Fecha_Id_Inicio, Hora_Id_Inicio, Fecha_Id_Fin, Hora_Id_Fin
FactPreGerminaciones	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Gpg_Id, Tdr_Id, Fecha_Id_Inicio, Hora_Id_Inicio, Fecha_Id_Fin, Hora_Id_Fin
FactRecolecciones	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Fecha_Id_Recoleccion, Hora_Id_Recoleccion
FactRepiques	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Gpg_Id, Ggr_Id, Gdr_Id, Suu_Id, Fecha_Id_Inicio, Hora_Id_Inicio, Fecha_Id_Fin, Hora_Id_Fin
FactTratamientosDeRepiqueAplicados	Fsm_Id, Arb_Id, Rsm_Id, Gpg_Id, Ggr_Id, Gdr_Id, Tdr_Id, Fecha_Id_Inicio, Hora_Id_Inicio, Fecha_Id_Fin, Hora_Id_Fin

Tabla 14. Lista de tablas – Bodega de Datos



## **ANEXO C – ETL**

## 4 FLUJOS DE CONTROL Y FLUJOS DE DATOS

### 4.1 DATA MART RECOLECCIONES

#### 4.1.1 FLUJO DE CONTROL

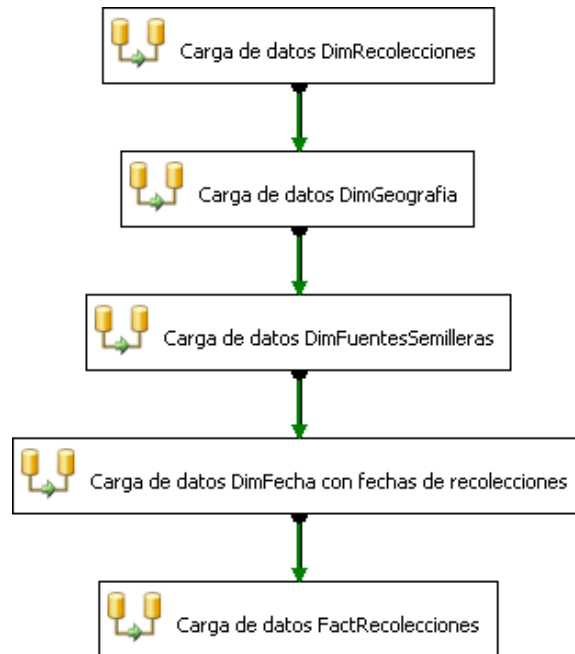


Figura 11. Flujo de control - Data Mart Recolecciones

#### 4.1.2 FLUJOS DE DATOS

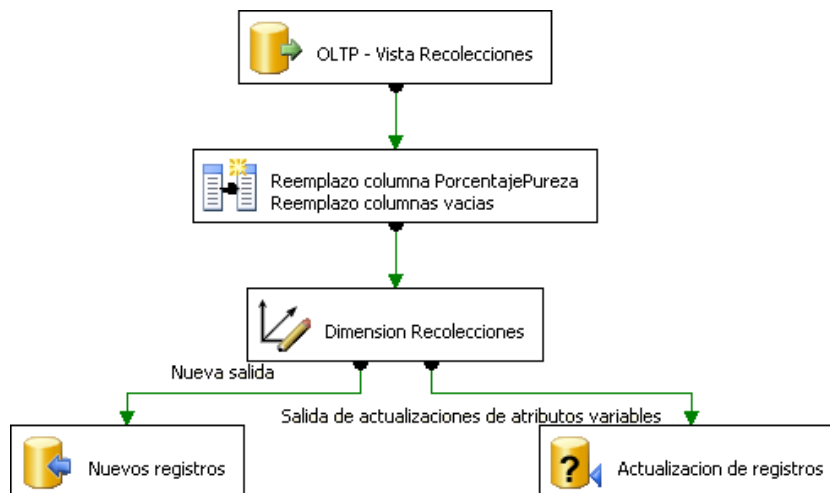
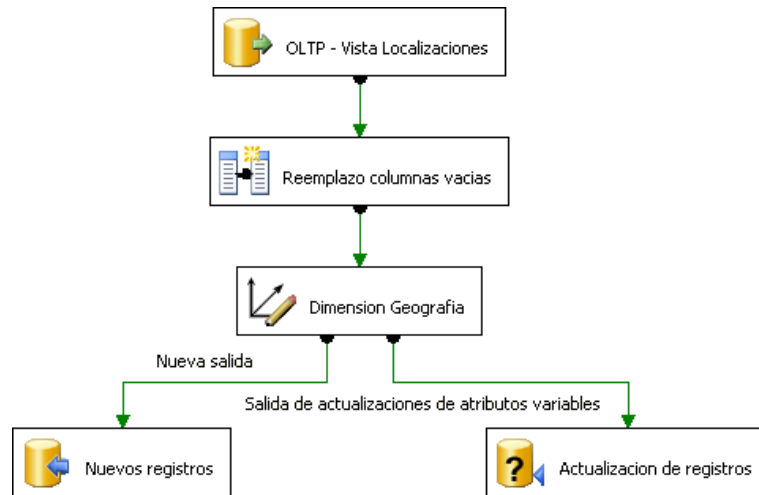
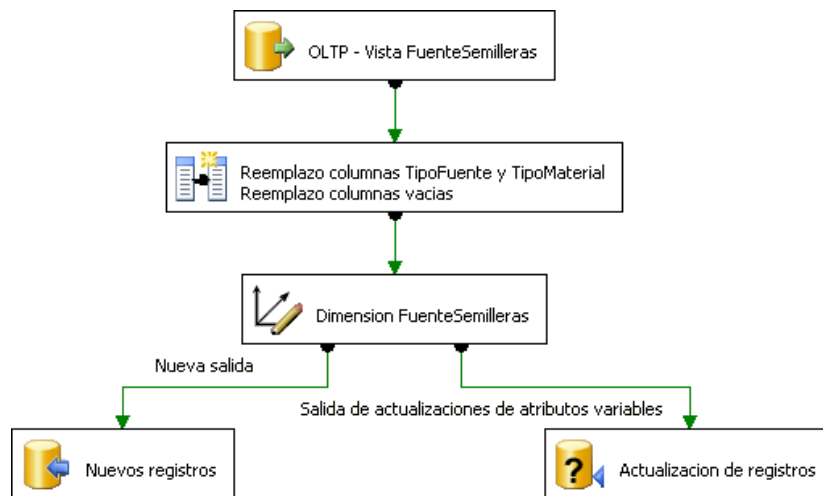


Figura 12. Flujo de datos – Dimensión Recolecciones



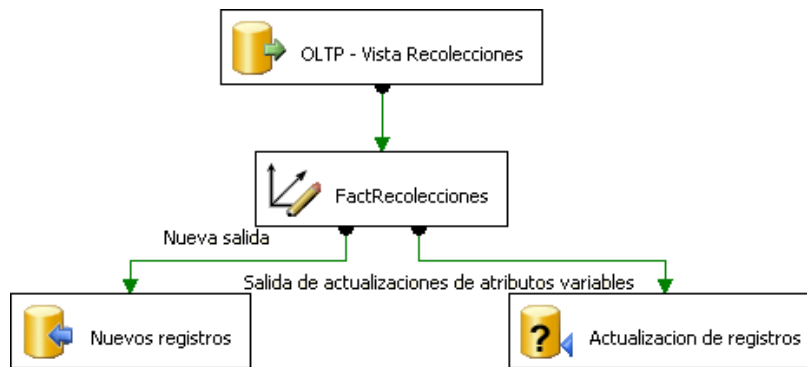
**Figura 13.** Flujo de datos – Dimensión Geografía



**Figura 14.** Flujo de datos – Dimensión Fuente Semillas



**Figura 15.** Flujo de datos – Dimensión Fecha



**Figura 16.** Flujo de datos – Tabla de hecho Recolecciones

## 4.2 DATA MART PREGERMINACIONES

### 4.2.1 FLUJO DE CONTROL

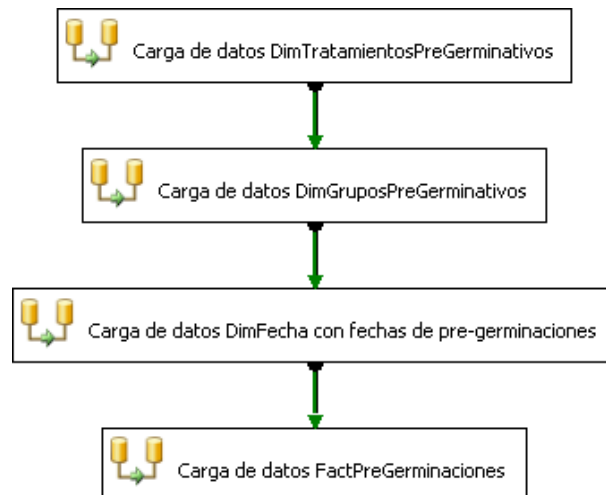


Figura 17. Flujo de control – Data Mart Pregerminaciones

### 4.2.2 FLUJOS DE DATOS

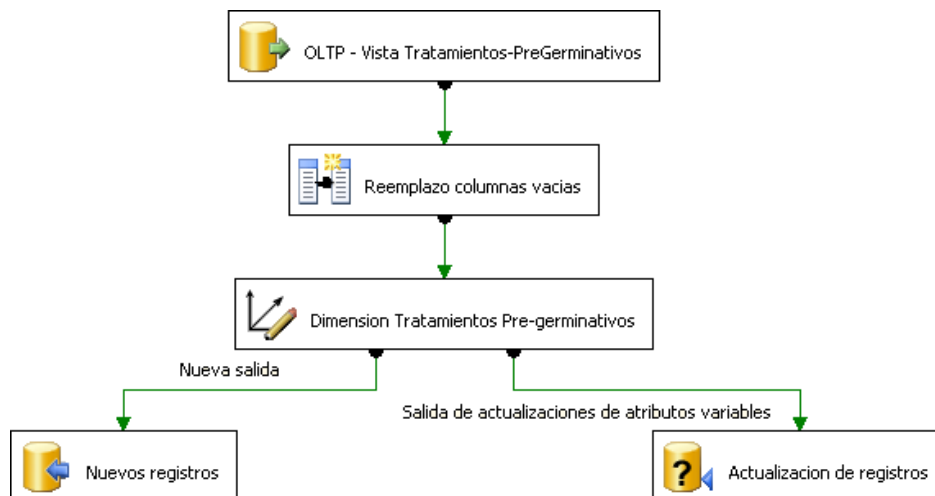


Figura 18. Flujo de datos – Dimensión Tratamientos Pregerminativos

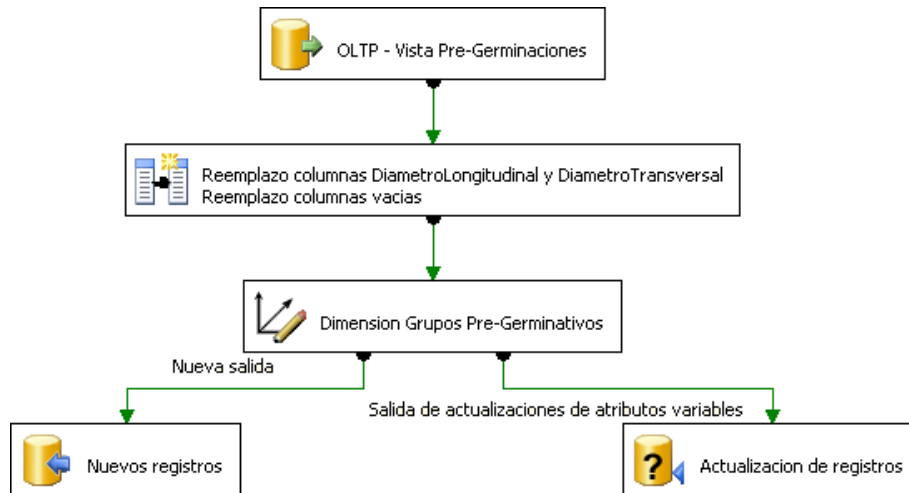


Figura 19. Flujo de datos – Dimensión Grupos Pregerminativos

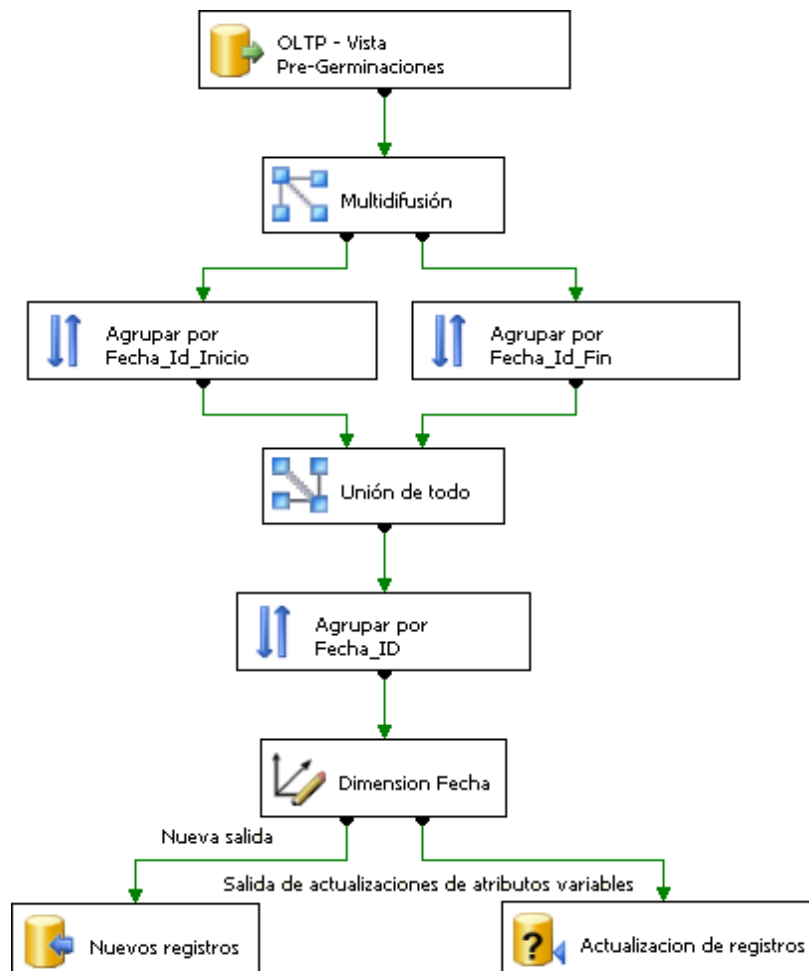


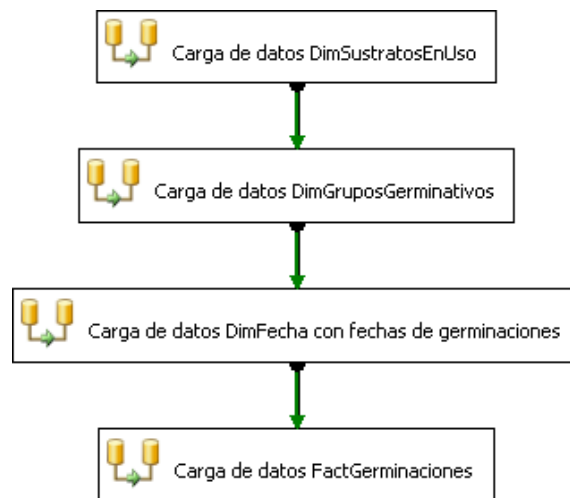
Figura 20. Flujo de datos – Dimensión Fecha



**Figura 21.** Flujo de datos – Tabla de hechos Pregerminaciones

## 4.3 DATA MART GERMINACIONES

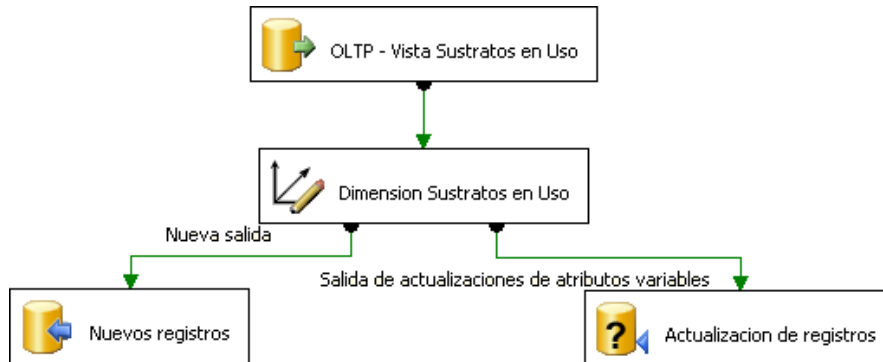
### 4.3.1 FLUJO DE CONTROL



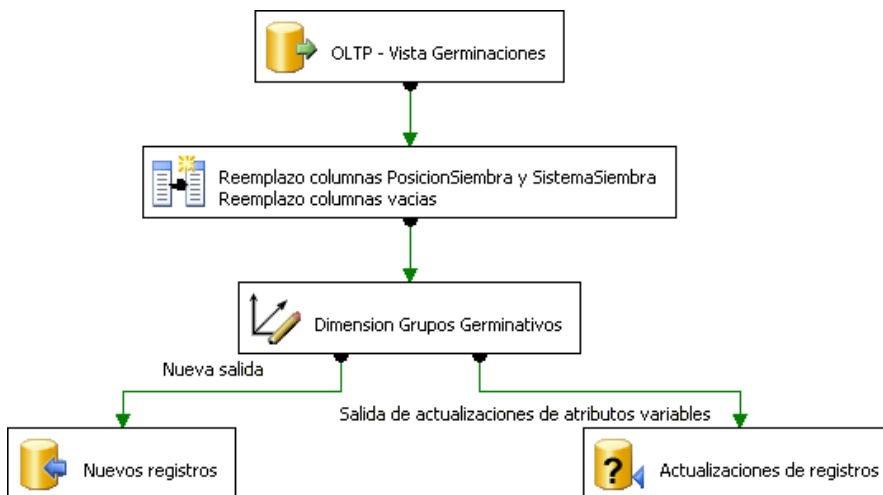
**Figura 22.** Flujo de control – Data Mart Germinaciones



### 4.3.2 FLUJOS DE DATOS



**Figura 23.** Flujo de datos – Dimensión Sustrato en Uso



**Figura 24.** Flujo de datos – Dimensión Grupos Germinativos

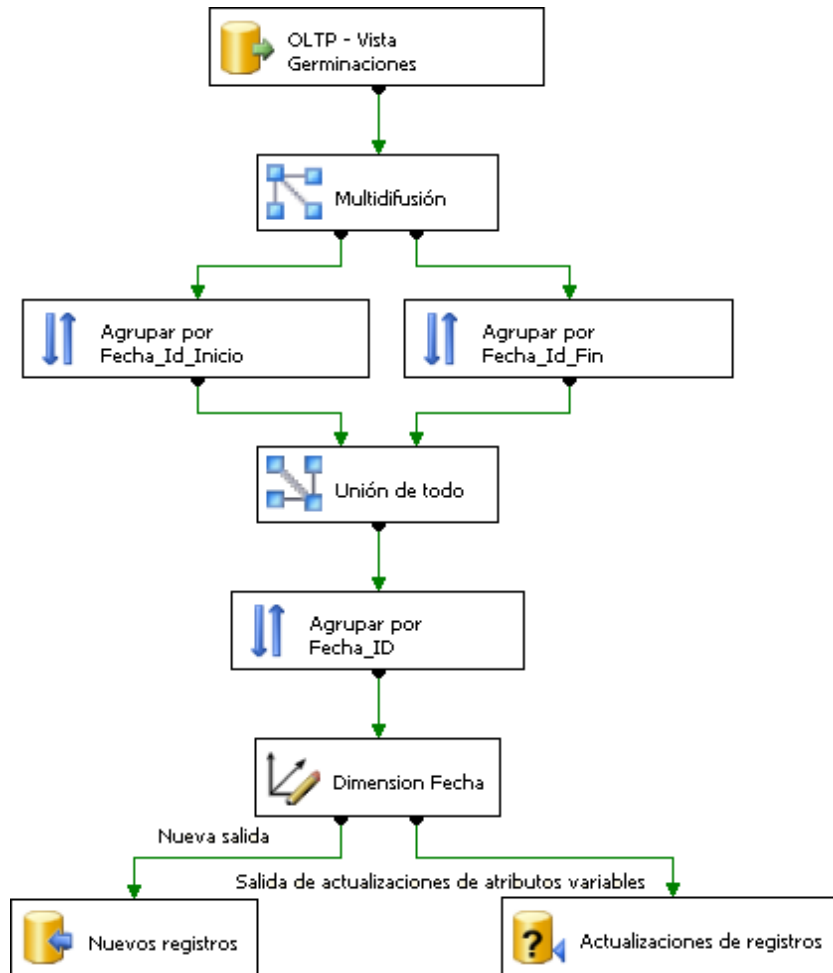


Figura 25. Flujo de datos – Dimensión Fecha

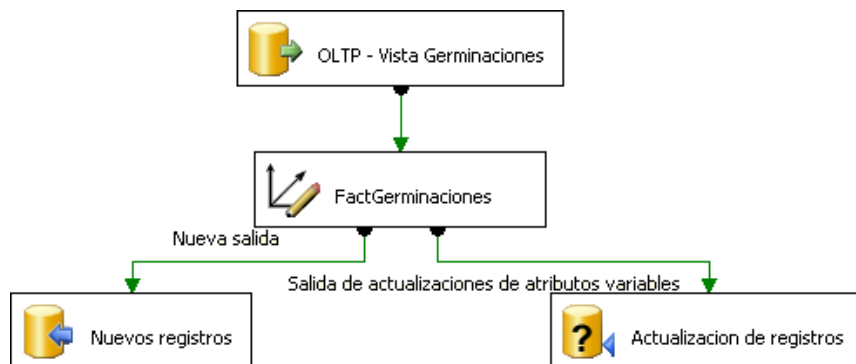


Figura 26. Flujo de datos – Tabla de hechos Germinaciones

## 4.4 DATA MART REPIQUE

### 4.4.1 FLUJO DE CONTROL

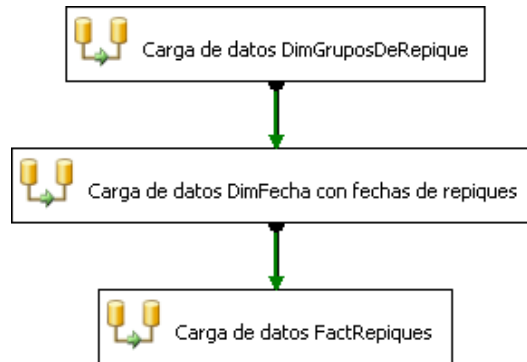


Figura 27. Flujos de datos – Dimensión Grupos de Repique

### 4.4.2 FLUJOS DE DATOS

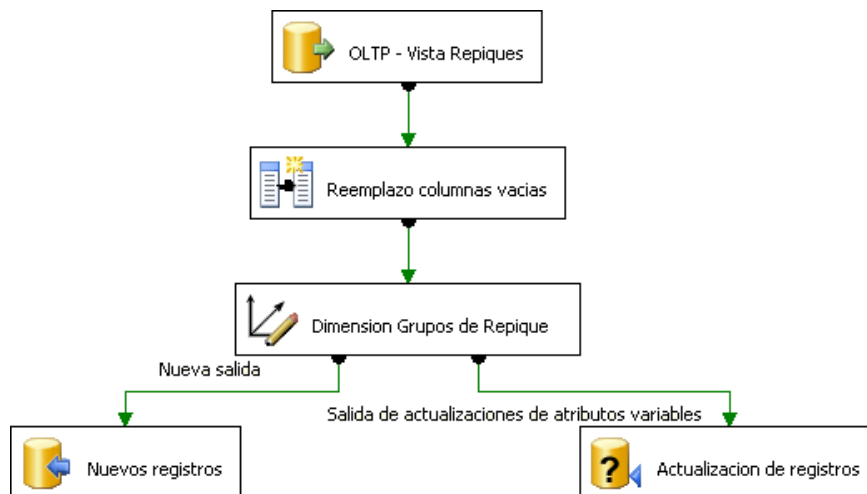


Figura 28. Flujo de datos – Dimensión Grupos de Repique

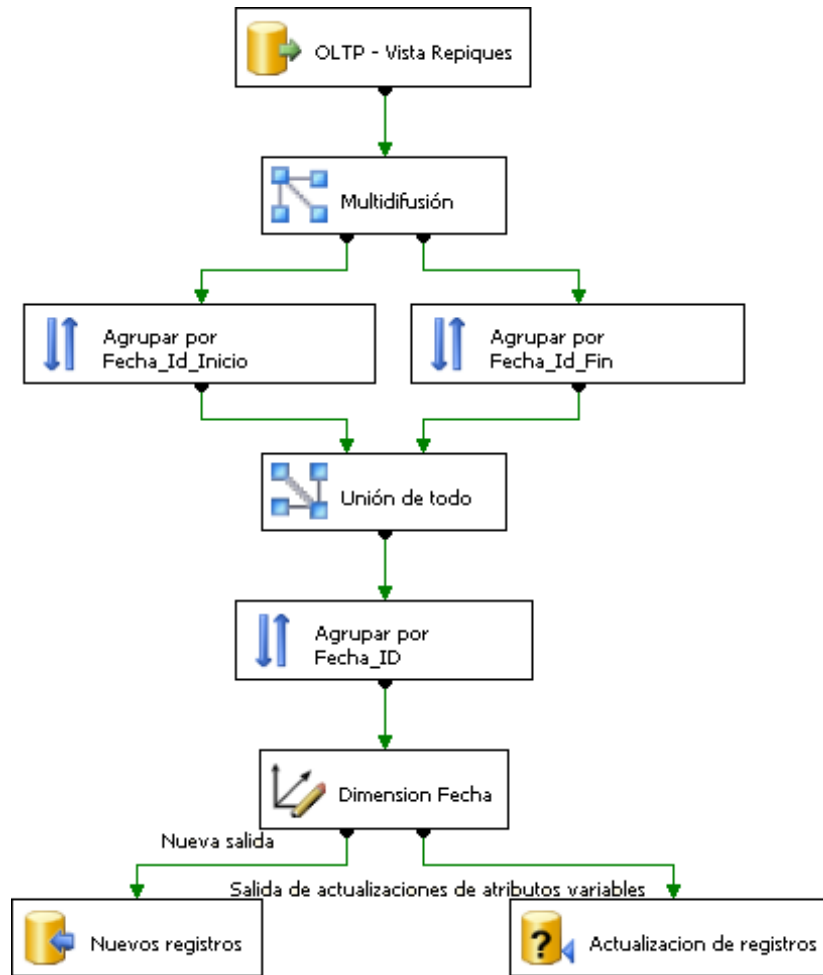


Figura 29. Flujo de datos – Dimensión Fecha



Figura 30. Flujo de datos – Tabla de hechos Repiques

## 4.5 DATA MART TRATATAMIENTOS DE REPIQUE

### 4.5.1 FLUJO DE CONTROL

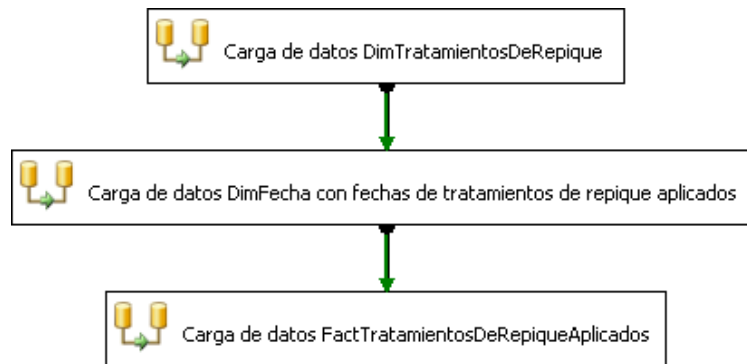


Figura 31. Flujo de control – Data Mart Tratamientos de Repique

### 4.5.2 FLUJOS DE DATOS

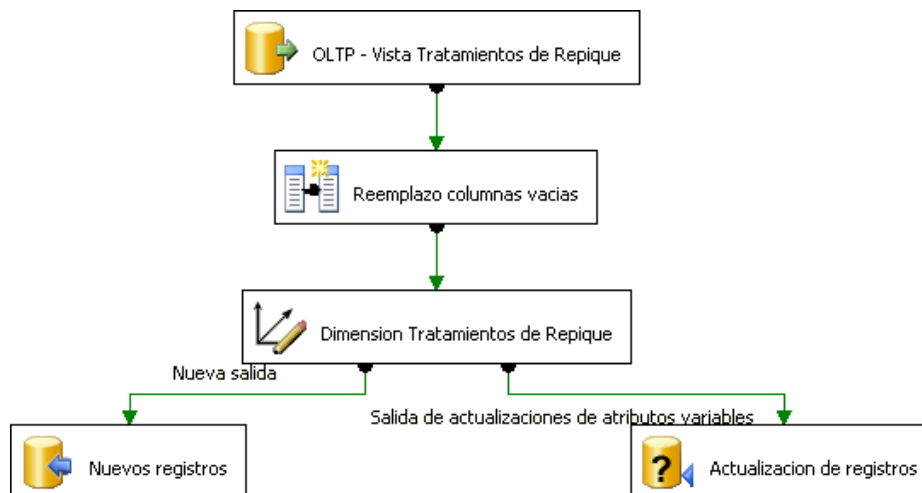
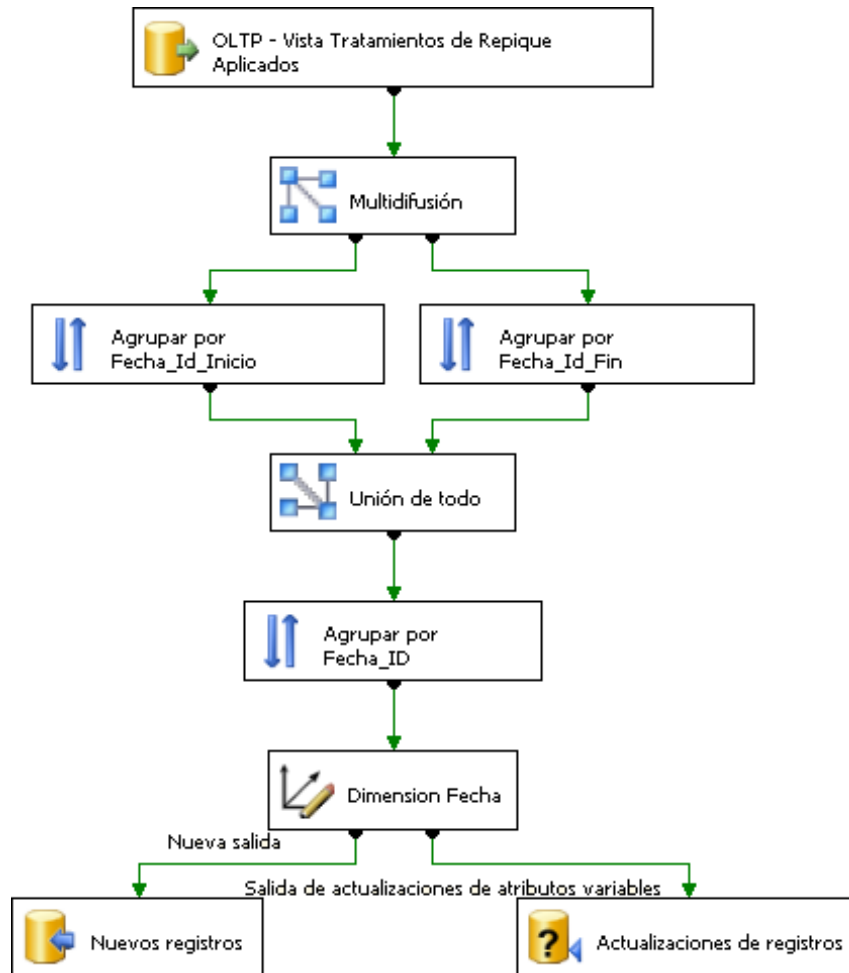
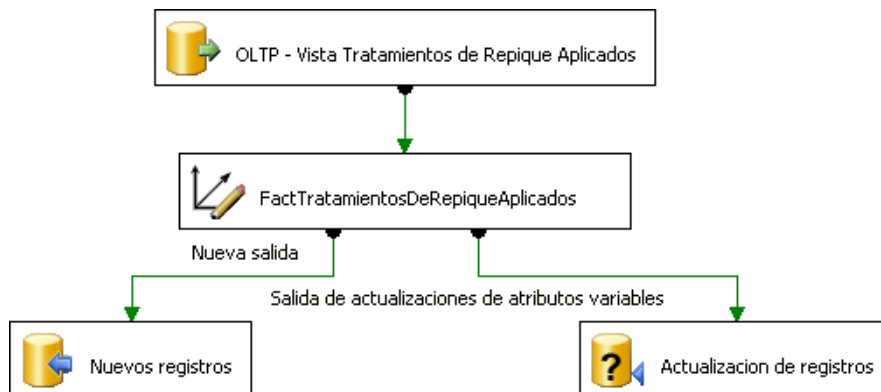


Figura 32. Flujo de datos – Dimensión Tratamientos de Repique



**Figura 33.** Flujo de datos – Dimensión Fecha



**Figura 34.** Flujo de datos – Tabla de hechos Tratamientos de Repique Aplicados

## 4.6 DATA MART PLAGAS

### 4.6.1 FLUJO DE CONTROL

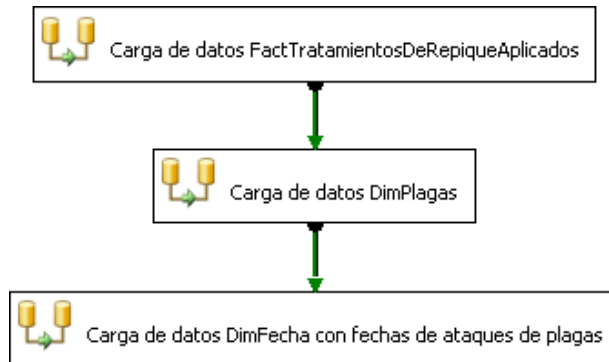
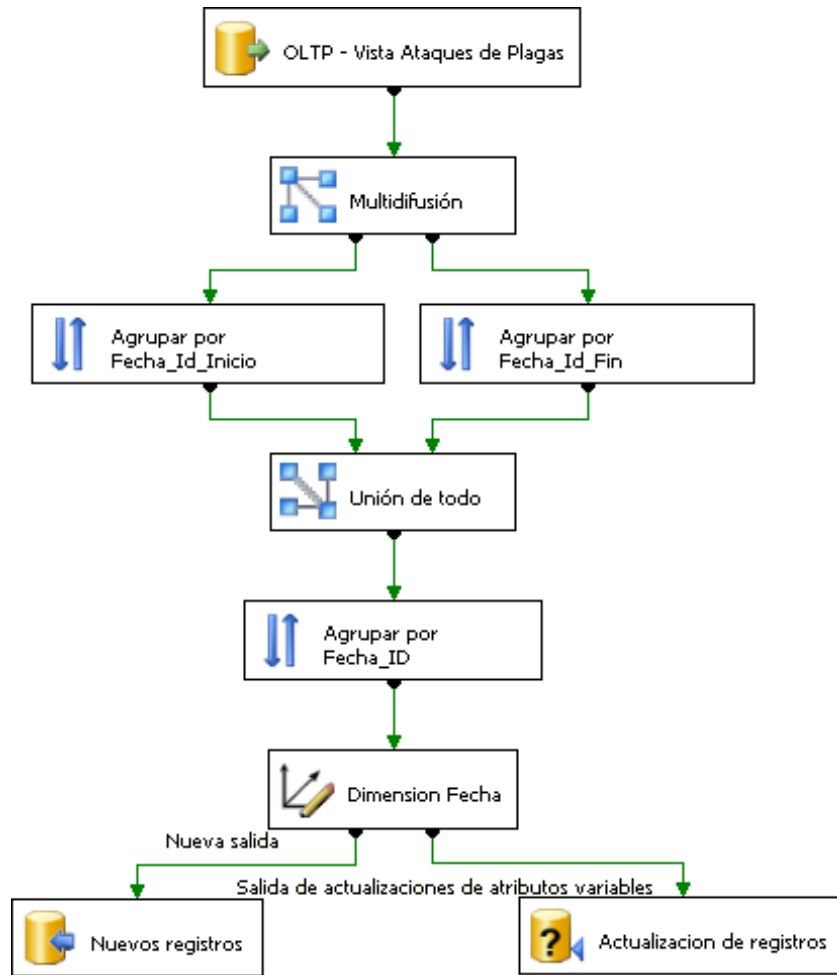


Figura 35. Flujo de control – Data Mart Plagas

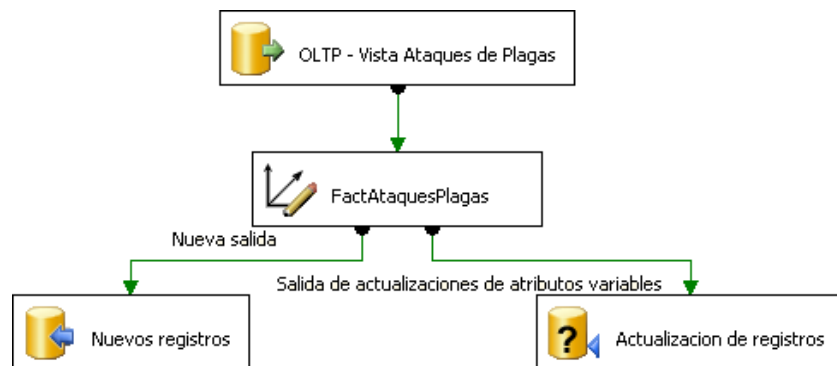
### 4.6.2 FLUJOS DE DATOS



Figura 36. Flujo de datos – Dimensión Plagas



**Figura 37.** Flujo de datos – Dimensión Fecha



**Figura 38.** Flujo de datos – Tabla de hechos Ataques Plagas





# ANEXO D – ARTÍCULOS



---

# SISTEMA OLTP UTILIZADO EN CULTIVOS PROTEGIDOS

## **Jimena Timaná**

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad del Cauca  
[jtimana@unicauca.edu.co](mailto:jtimana@unicauca.edu.co)

## **Rene Valencia**

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad del Cauca  
[rvalencia@unicauca.edu.co](mailto:rvalencia@unicauca.edu.co)

## **Carlos Cobos**

Profesor Asociado  
Universidad del Cauca  
[ccobos@unicauca.edu.co](mailto:ccobos@unicauca.edu.co)

## **RESUMEN**

La aplicación de conocimientos empíricos, la utilización de herramientas obsoletas, la poca presencia de sistemas informáticos y maquinaria de apoyo de última generación en las labores del campo, hacen parte de los factores críticos de atraso del sector agrícola nacional. Este problema lleva a la necesidad de crear un sistema que brinde a agricultores, productores e investigadores, información, gestión y soporte referente a las labores desarrolladas en el campo. En este artículo se describe a nivel arquitectónico y funcional, un sistema OLTP que hace parte de un sistema más complejo que permite tomar decisiones en los procesos asociados con los cultivos protegidos.

## **PALABRAS CLAVE**

Agricultura, Viveros, Sistema de información, Procesamiento Transaccional en Línea.

## **ABSTRACT**

The application of empiric knowledge, the use of obsolete tools, the little presence of computer systems and last generation support machinery in field works, make part of the critical in arrears factors of the national agricultural sector. This problem makes necessary the creation of a system that offers to farmers, producers and researchers, information, management and support referring to the developed works in the field. This document describes the architectural and functional levels of a OLTP system, part of a complex system that allows to make decisions in the processes associated with the protected farming.



---

## KEYWORDS

Agriculture, Nurseries, Information Systems, On-Line Transactional Processing.

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura ha sido, es y probablemente será uno de los sectores básicos y principales para el mantenimiento de la humanidad. A lo largo de la historia, la producción agraria y sus prácticas han estado muy ligadas a su desarrollo, sirviendo a una finalidad muy concreta; la de proveer suficiente alimento para mantener el crecimiento de la población mundial [1]. Con el paso de los años la agricultura se ha ido tecnificando. Mecanización, inclusión de la electrónica y la utilización de modernas máquinas, ha proporcionado a los agricultores la posibilidad de automatizar muchas labores [2], aliviado en parte, sus arduos y agotadores trabajos y multiplicando enormemente la eficiencia y productividad en los cultivos.

Este auge agro - tecnológico ha ido desarrollándose rápidamente junto al crecimiento de los países industrializados. Sin embargo, en el sector agrícola, de los países tercermundistas, incluido Colombia, la aplicación de conocimientos empíricos y la utilización de herramientas rústicas y manuales es todavía notoria; debido en parte, a décadas de atraso y al gran déficit de los recursos económicos en las arcas del gobierno. Además, es difícil encontrar en las pequeñas y medianas zonas de siembra del área rural, maquinaria, infraestructura, sistemas informáticos a bajo precio y en idioma nativo, etc. que brinden información y soporte referente a las labores desarrolladas en el campo [3][4].

Es por eso que la Universidad del Cauca a través de sus grupos de investigación GTI (Grupo de I+D en Tecnologías de la Información), GEA (Grupo de Estudios Ambientales), SEPA (Seminario Permanente de Formación Avanzada del Doctorado de Educación), I+D en Ingeniería Física y TULL (Grupo de Investigaciones para el Desarrollo Rural), han empezado a articular una iniciativa encaminada a la investigación, implementación y utilización de sistemas de información que brinden soporte a las labores agrícolas, específicamente en viveros o cultivos protegidos.

Esta iniciativa se denominada GreenDSS, una solución software que ofrece un amplio rango de posibilidades para contribuir a mejorar la eficiencia y competitividad de los procesos agrícolas. Su objetivo, permitir que el productor encuentre respuestas a preguntas sobre que pasó en una situación productiva en particular y predecir que pasará para un conjunto de circunstancias dadas, donde las decisiones de manejo puedan ser hechas y probadas inclusive antes que se siembre el cultivo. Actualmente, se ha desarrollado el primer componente de GreenDSS: un sistema de procesamiento transaccional en línea (On-Line Transactional Processing - OLTP).



A continuación, en la segunda sección de este artículo se mencionan algunos proyectos relacionados con la inclusión de sistemas de información en procesos agrícolas. En la tercera sección, se presenta un breve enfoque teórico referente a los sistemas de información tradicionales u OLTP). En la cuarta sección, se expone el sistema OLTP desarrollado, como herramienta de apoyo en los procesos de gestión de datos recolectados en un cultivo dentro de un invernadero, haciendo énfasis en su arquitectura y funcionalidad. Finalmente se plantean algunas conclusiones y trabajo futuro sugerido por el grupo de investigación y desarrollo.

## **2. TRABAJOS RELACIONADOS**

Los sistemas de información han sido generalmente usados en los sectores contables, financieros, educativos, de la salud, entre otros; sin embargo en el sector agrícola, no se encuentran volúmenes importantes de información referente a soluciones software que brinden soporte y gestión de los datos recolectados en un vivero, debido en parte, a la etapa de desarrollo en la que se encuentran actualmente dichos sistemas a nivel mundial [2]. Algunos de los trabajos relacionados a éste proyecto son:

### **2.1 Control y Monitoreo de Variables Ambientales usando SCADA y PLC**

Sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) desarrollado en la Universidad de Pamplona – Colombia para el control y monitoreo de variables ambientales dentro de un invernadero. El sistema puede controlar la temperatura y humedad dentro del invernadero, y según la programación que se le definida al autómata, él actuará. Todo el proceso es controlado mediante un PLC (Controlador Lógico Programable) que sirve de interfaz con el computador que tiene instalado un software de gestión (OLTP). Esta aplicación tiene tres funciones principales: monitoreo, control y simulación [5].

### **2.2 Percepción Remota**

Proyecto para la agricultura de precisión del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) en Argentina. Es un sistema de información el cual permite el ingreso, almacenamiento, recuperación, análisis y visualización de datos recolectados por sensores fotosensibles que capturan señales eléctricas de una superficie agrícola [6].

### **2.3 Fertilizadora inteligente para agricultura de precisión**

Este proyecto del INTA, muestra un equipo de fertilización inteligente: una máquina, la cual está provista de sensores foto sensibles, que miden la reflectancia de la masa vegetal. Todo el equipamiento está conectado a un Sistema de Información, el cual recibe, procesa la información de los sensores y regula por medio de una válvula de caudal, las diferentes dosis que se aplicarán en un cultivo. Especialistas del INTA explican que la utilización de esta tecnología permite realizar una fertilización con



---

dosificación exacta en cada parte del lote de cultivo con diagnósticos en tiempo real con mayor eficiencia en el uso de insumos y ahorro de tiempo [7].

## **2.4 The National Agricultural Decision Support System (NADSS)**

Es un proyecto de la Universidad de Nebraska en los Estados Unidos que consiste en una colección de herramientas de soporte a las decisiones basadas en la web que buscan ayudar a productores agrícolas norteamericanos en el análisis y la mitigación efectiva de los efectos de las sequías. El NADSS es alimentado con índices de sequías, indicadores climáticos y archivos históricos que son analizados para estimar sequías, frecuencias de inundaciones, duración e intensidad [8].

## **3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Un sistema de información se define como un conjunto de procedimientos interrelacionados que permite obtener, procesar, almacenar y distribuir información para apoyar en los procesos de toma de decisiones y el control en una organización. Igualmente apoya la coordinación, análisis de problemas, visualización de aspectos complejos, entre otros [9].

Los sistemas de información que logran la automatización de procesos operativos dentro de una organización, son llamados frecuentemente sistemas transaccionales u OLTP Systems ya que su función primordial consiste en procesar transacciones diarias y rutinarias, tales como pagos, cobros, pólizas, entradas, salidas, etc. Por otra parte, aparecen los sistemas de soporte a la toma de decisiones, ayudan en el análisis de información de negocios y a soportar decisiones de gerencia. El tercer tipo es el de los sistemas de información para oficinas, son una clase especial de un sistema de procesamiento de información que puede usarse en el medio de las oficinas; aquí se encuentran, los Sistemas Ofimáticos (OA), Sistemas de Transmisión de Mensajería (E-mail y Fax Server) y Coordinación y Control de tareas (Work Flow), entre otros [10][11].

## **4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA OLTP**

La arquitectura empleada en el diseño e implementación del sistema es una variante de la arquitectura presentada por Microsoft Patterns & Practices [12] para el desarrollo de aplicaciones .NET. Los elementos que componen la arquitectura son los que se presentan en la Figura 1.

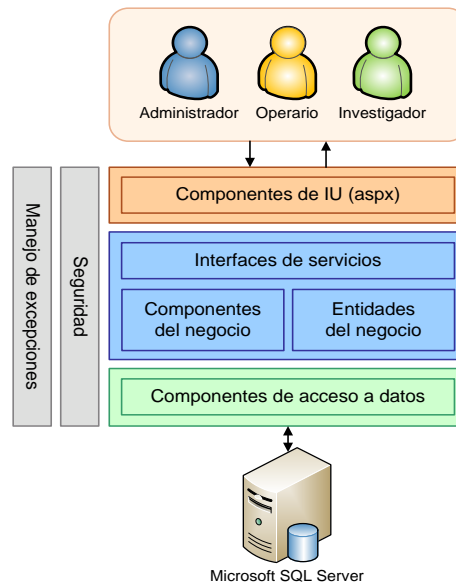


Figura 1. Arquitectura del sistema OLTP

A continuación se describen cada uno de los componentes principales de la arquitectura:

- **Componentes de interfaz de usuario (IU):** o capa de presentación; es un proyecto ASP.NET independiente. Recopila la lógica de interfaz que permite la visualización, captura y validación de los datos. Esta lógica de interfaz se encapsuló dentro de controles de usuario (ascx). El uso de controles de usuario permitió la reutilización de funcionalidad entre distintas páginas, un mantenimiento de código centralizado y una separación eficiente del contenido y la presentación.
- **Capa de lógica del negocio:** se diseñó como una librería de clases portable previendo la facilitación de futuras migraciones de la interfaz a otros entornos distintos al Web sin necesidad de ajustar la lógica del negocio. La capa de lógica del negocio se divide en tres sub-capas: Interfaces de servicios, Componentes del negocio y Entidades del negocio.

*Interfaces de servicios:* Exponen como servicios, la lógica del negocio a los clientes de la aplicación, en este caso la aplicación Web desarrollada en ASP.NET.

*Componentes del negocio:* Agrupan la verdadera lógica del negocio de la aplicación y operan sobre las entidades del negocio.

*Entidades del negocio:* Conjunto de clases orientadas a objetos que representan entidades reales de los proceso de pregerminación, germinación y repique.



- **Componente de acceso a datos:** Como capa de acceso a datos se usó Enterprise Library Data Access Application Block. Este bloque de aplicación simplifica las tareas de desarrollo porque implementa con las mejores prácticas las funcionalidades más comunes para el acceso a datos, tales como gestión de conexiones, ejecución de consultas y procedimientos, transacciones, etc.

A nivel de la base de datos, todas las operaciones CRUD (Create, Retrieve, Update y Delete/Crear, Obtener, Actualizar y Borrar registros) se realizan por medio de procedimientos almacenados debido a dos factores claves: capacidad de mantenimiento y seguridad. Concentrar el código T-SQL (Transact-SQL, Lenguaje de programación de Microsoft SQL Server) fuera de la capa de lógica del negocio permite que se puedan realizar cambios y mejoras en la base de datos de manera transparente a la aplicación y en menor tiempo de lo que tomaría hacerlo directamente en el código de la aplicación.

A nivel de seguridad los procedimientos permiten controlar con precisión el acceso de los usuarios a los datos almacenados garantizando la integridad de la información. En el proyecto, los perfiles o roles de usuario del OLTP son a su vez usuarios reales de la base de datos con permisos limitados a la ejecución de ciertos procedimientos y con restricción a la ejecución directa de consultas y acceso a las tablas.

A nivel del manejo de excepciones, el uso del Enterprise Library Exception Handling Application Block permitió crear una estrategia centralizada de procesamiento de excepciones transversal a toda la aplicación. Por ejemplo las excepciones que ocurren en la base de datos o en la capa de acceso a datos son atrapadas, registradas en una bitácora y reemplazadas por excepciones del sistema con mensajes más claros y expresivos a los usuarios y que no comprometen la seguridad de la aplicación.

#### 4.1 Funcionalidad del sistema OLTP

GreenDSS es una herramienta orientada a apoyar los procesos investigativos que buscan identificar las fuentes, protocolos, tratamientos y condiciones más productivas para el cultivo en invernaderos. Para identificar y definir los requisitos del OLTP se optó por realizar reuniones periódicas entre el equipo de desarrollo y los usuarios finales en las cuales se mostraban prototipos funcionales del OLTP, de esta forma los usuarios iba identificando, aprobando o descartando las funcionalidades.

El Sistema OLTP es el componente de mayor tamaño (pero no de mayor complejidad e innovación) de GreenDSS, a la fecha se ha desarrollado en su totalidad y se están adelantando las gestiones para que se inicie la etapa de pruebas con usuarios y datos reales. La Figura 2 presenta un diagrama muy general de casos de usos realizado para cada uno de los usuarios del sistema GreenDSS.

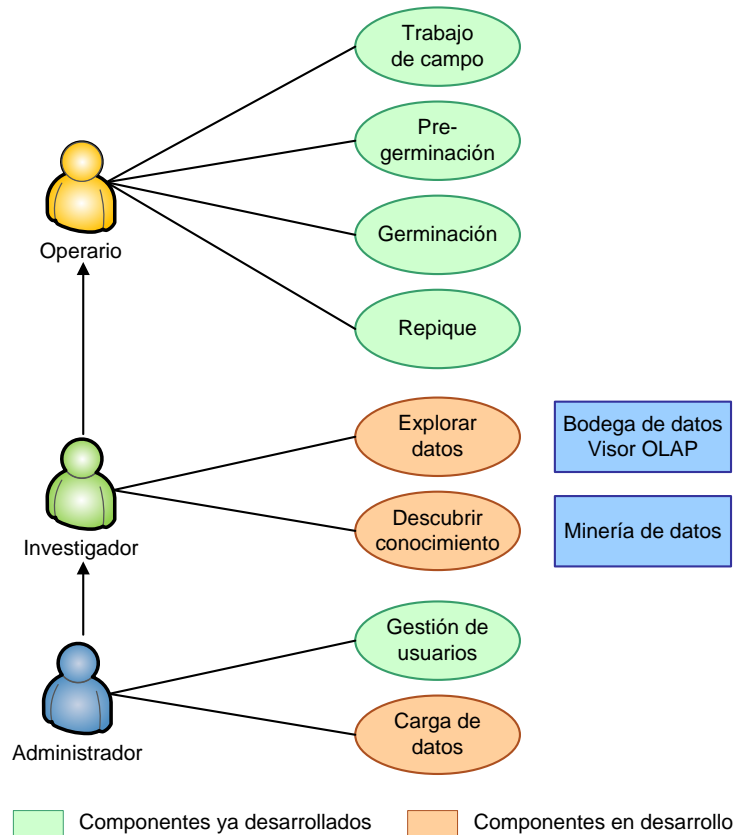


Figura 2. Diagrama general de casos de uso para el sistema GreenDSS

El sistema OLTP cubre en totalidad cuatro pasos básicos: trabajo de campo, pre-germinación, germinación y repique (ver Figura 3). A continuación se describe cada uno de ellos:



Figura 3. Dinámica manejada por el Sistema OLTP



- Paso 1:** En el trabajo de campo se obtiene y almacena las semillas que fueron recolectadas de cada árbol productor; en el sistema se lleva el registro de las actividades que se hacen durante las visitas a las zonas productoras y/o de investigación incluyendo el registro de la localización de las fuentes semilleras, el registro de los árboles productores de cada fuente semillera y el registro de las recolecciones de semilla (ver Figura 4).

## GreenDSS

Sistema de Soporte a la toma Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

:: Trabajo de campo ::    :: Pre-germinación ::    :: Germinación ::    :: Repique ::    :: Opciones ::    :: Cerrar sesión ::

Fuentes de material de propagación		Fuentes de material de propagación				
Fuentes de material de propagación Árboles productores Recolectaciones de material de propagación		Nuevo registro    Buscar registro				
		Primera    Anterior    Página 1 de 1 <u>Siguiente</u> Última    Registro 1 al 2 de 2    Tamaño paginación: 20				
	Nombre	Localización	Coordenadas	ASN	Tipo Fuente	Fecha Registro
<a href="#">Ver detalles</a>	Fuente Cajete	Vereda Cajete	04° 35' 56.27" N / 128° 12' 03.17" O	1200	Bosque heterogeneo	18/06/2007 03:42:23 p.m.
<a href="#">Ver detalles</a>	Fuente Puelenje	Corregimiento Puelenje	04° 35' 56.57" N / 128° 12' 03.17" O	1250	Bosque heterogeneo	18/06/2007 03:48:55 p.m.

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

Figura 4. Registro del trabajo de campo

- Paso 2:** En la etapa de pre-germinación el sistema permite llevar un control sobre los grupos pre-germinativos conformados a partir de las recolecciones de semillas, el tipo de tratamiento pre-germinativo empleado, la duración del proceso y el porcentaje de semillas viables (semillas que sobreviven después de un tratamiento específico) obtenidas en cada grupo al finalizar el proceso (ver Figura 5).

## GreenDSS

Sistema de Soporte a la toma Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

:: Trabajo de campo ::    :: Pre-germinación ::    :: Germinación ::    :: Repique ::    :: Opciones ::    :: Cerrar sesión ::

Grupos pre-germinativos		Grupos pre-germinativos					
Grupos pre-germinativos Tratamientos pre-germinativos		Recolectaciones de material de propagación: [5] -- [Fuente Cajete] -- [CAJ-001] -- [125] -- [18/06/2007 04:56:44 p.m.]					
		Nuevo registro    Buscar registro					
		Primera    Anterior    Página 1 de 1 <u>Siguiente</u> Última    Registro 1 al 2 de 2    Tamaño paginación: 20					
	Nombre Grupo	Fuente Material	Recolección	Tratamiento Pre-germinativo	Cantidad Material	Cantidad Viable	Fechas
<a href="#">Ver detalles</a>	CAJ-5-1	Fuente Cajete	[5] - 18/06/2007 04:56:44 p.m.	Escarificación con agua caliente	25	25	18/06/2007 06:44:53 p.m. - 18/06/2007 06:44:53 p.m.
<a href="#">Ver detalles</a>	CAJ-5-2	Fuente Cajete	[5] - 18/06/2007 04:56:44 p.m.	Estratificación	100	85	18/06/2007 06:46:42 p.m. - 18/06/2007 06:46:42 p.m.

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

Figura 5. Registro etapa de pre-germinación

- Paso 3:** En la etapa de germinación, en el sistema se realiza la gestión de las mediciones ambientales hechas a los grupos germinativos. Estas mediciones pueden hacerse de forma manual o automática. La primera implica que un operario realiza las mediciones correspondientes y después las ingresa individual y directamente en el sistema. Para la segunda, un grupo de sensores desplegados dentro de las cámaras de germinación, se encarga de registrar y almacenar las mediciones interna y automáticamente, y de manera asíncrona son registradas al OLTP después de un tiempo determinado (ver Figura 6).

## GreenDSS

Sistema de Soporte a la toma Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

Figura 6. Registro etapa de germinación

- Paso 4:** Finalmente en la etapa de repique el sistema se encarga de gestionar al igual que en la etapa de germinación, las mediciones de variables que afectan las plántulas que se obtienen después de la etapa de germinación. Esta etapa se desarrolla dentro de un invernadero y por periodos de tiempo más largos (ver Figura 7).

## GreenDSS

Sistema de Soporte a la toma Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

Figura 7. Registro etapa de repique



---

## CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A través del uso y la apropiación de los Sistemas de Información por parte de cultivadores e investigadores como plataforma base para el control, seguimiento y soporte a la toma de decisiones en procesos agrícolas se alcanzan mejoras en la competitiva del sector.

A nivel de desarrollo destacamos las ventajas del uso de los distintos bloques de aplicación del Enterprise Library para la construcción de aplicaciones sobre la plataforma Microsoft .NET. Su inclusión simplifica los procesos de acceso a datos, administración y manejo de excepciones, configuración y encriptación.

Como trabajo futuro se planea el desarrollo e integración de un Sistema de Soporte a la toma de Decisiones utilizando una Bodega de Datos, OLAP (On-Line Analytic Processing o Procesamiento Analítico en Línea) y Técnicas de Minería de Datos, para apoyar a los cultivadores e investigadores en la identificación y selección de las técnicas de germinación y cultivo más apropiadas.

Determinar la validez e impacto del uso de GreenDSS, en la consecución e identificación de fuentes, protocolos, tratamientos y condiciones más productivas para el cultivo en invernaderos, dependerá del análisis a largo plazo de los resultados obtenidos en escenarios reales.

## REFERENCIAS

1. Estruch, Juan José. Plantas resistentes a insectos. Investigación y Ciencia. Barcelona: Prensa Científica, febrero, 1998.
2. Agricultura de precisión. (Visitado 2007, Julio 24). [Documento WWW]. URL [http://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura\\_de\\_precisión](http://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura_de_precisión)
3. Gómez, Diego Fernando. Construcción de lo posible, un marco prospectivo para el desarrollo del país. Medellín - Colombia. Centro de Estudios en Economía Sistémica. 2005. ISBN: 958-97719-0-4.
4. Gómez, Diego Fernando. Repensando el desarrollo, una aproximación sistémica. Medellín - Colombia. Centro de Estudios en Economía Sistémica. 2005. ISBN: 958-97719-1-2.
5. Durvvin A. Roza Ibáñez. Control y Monitoreo de Variables Ambientales Utilizando PLC y SCADA. Revista Colombiana de Tecnología Avanzada. Volumen 2. 2003. ISSN: 1692-7257.



- 
6. Percepción Remota. (Visitado 2006, Octubre 30). [Documento WWW]. URL <http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.18851609-B1A149BD-82D406AA33644AA5/catUuid.91D0DFBA-E269-11D3-A5140006292E2740/>
  7. Fertilizadora inteligente para agricultura de precisión. (Visitado 2006, Octubre 30). [Documento WWW]. URL <http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.07875A4B-1E2E-11D5-9B0F00010226AA51/>
  8. University of Nebraska-Lincoln. National Agricultural Decision Support System. (Visitado 2006, Agosto 10). [Documento WWW]. URL <http://nadss.unl.edu/>
  9. Andreu, R; Ricart, J.E; Valor, J. Estrategia y sistema de Información; Ed. McGraw-Hill, Segunda edición. 1996.
  10. Senn, J.A. Sistemas de Información para la administración. México: Grupo Editorial Ibero América. 1995.
  11. Sistema de Información. (Visitado 2007, Julio 26). [Documento WWW]. URL [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_informacion](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informacion)
  12. Building Distributed Applications. Application Architecture for .NET: Designing Applications and Services. (Visitado 2007, Julio 25). [Documento WWW]. URL <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms954595.aspx>



# **SISTEMA DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES PARA PROCESOS DE GERMINACIÓN Y CULTIVO EN INVERNADEROS**

## **DECISION SUPPORT SYSTEMS IN GERMINATION PROCESSES AND CULTIVATION IN GREENHOUSES**

**Jimena Timaná**

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad del Cauca  
[jtimana@unicauca.edu.co](mailto:jtimana@unicauca.edu.co)

**Rene Valencia**

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad del Cauca  
[rvalencia@unicauca.edu.co](mailto:rvalencia@unicauca.edu.co)

**Carlos Cobos**

Profesor Asociado  
Universidad del Cauca  
[ccobos@unicauca.edu.co](mailto:ccobos@unicauca.edu.co)

### **RESUMEN**

La utilización de herramientas obsoletas, la aplicación de técnicas empíricas en los procesos tradicionales de cultivo, la falta de sistemas informáticos y de personal capacitado para el manejo de maquinaria de última generación en las labores del campo, hacen parte de la larga lista de factores de atraso del sector agrícola del país. En búsqueda de una iniciativa que ayudara a contrarrestar esta problemática, se ve la necesidad de crear un sistema que brinde a agricultores, productores e investigadores, información, gestión y soporte, referente a las labores desarrolladas en el campo. Este artículo describe a nivel arquitectónico y funcional a GreenDSS, un sistema de soporte a la toma de decisiones que utiliza las tecnologías del Procesamiento Analítico en Línea y minería de datos, creado para contribuir y mejorar la eficiencia y competitividad de los procesos agrícolas a través de procesos de identificación y selección de los protocolos de cultivo más eficientes dentro de invernaderos.



---

## **PALABRAS CLAVES:**

Sistema de Soporte a la toma de Decisiones, Invernaderos, Arquitectura, Trabajo de Campo, Pregerminación, Germinación, Repique.

## **ABSTRACT**

The use of obsolete tools, the application of empiric techniques in the traditional processes of cultivation, the lack of informatics systems and trained personnel for handling last generation machinery in field works, make part of the long list of arrears factors of the agricultural sector of the country. In search of an initiative that helped to counteract this problem, generates the necessity to create a system that offers to farmers, producers and researchers, information, management and support, related with work developed in the field. This article describes at architectural and functional level of GreenDSS, a decision support system that uses Analytic On-Line Processing and Data Mining technologies, created to contribute and improve the efficiency and competitiveness of agricultural processes through identification processes and selection of most efficient cultivation protocols inside greenhouses.

## **KEY WORDS:**

Decision Support Systems, Greenhouses, Architecture, Fieldwork, Pre germination, Germination, Chiming.

## **1. INTRODUCCIÓN**

A finales de los años 80 y principios de los 90's, la tecnificación del campo en los grandes países industrializados sufrió un gran auge, en parte, a las inversiones y políticas desarrolladas en ciencia, tecnología e innovación para la consolidación y modernización del sector productivo, por parte del Estado, el apoyo de empresarios y agentes financiadores y las investigaciones realizadas en los campus de la educación superior [1][2][3].

En los países de crecimiento acelerado como Estados Unidos y Japón, la inclusión de la electrónica, las telecomunicaciones el uso de modernas computadoras, etc, ha hecho de estas potencias, líderes mundiales en muchos sectores, entre ellos el de la informática y la biotecnología [4][5].

La introducción de máquinas que involucran sistemas de posicionamiento global, monitoreo de cultivos a través de sensores foto sensibles, imágenes satelitales o fotografías aéreas para el control de crecimiento en cultivos, entre otros, son su común denominador; sin embargo, en los países tercermundistas como Colombia, que presenta una infraestructura productiva estancada y que no ha logrado avances significativos en cuanto a la introducción de tecnología en las diferentes actividades



económicas [1], la aplicación de conocimientos empíricos y la utilización de herramientas rústicas y manuales es todavía notoria. Es difícil encontrar en las pequeñas y medianas zonas de siembra del área rural, maquinaria, sistemas informáticos (a bajo precio y en lengua nativa), etc., que brinden información y soporte referente a las labores desarrolladas del campo, que involucran en muchas ocasiones, factores que no se tienen en cuenta para lograr una producción de alimentos en óptimas condiciones.

El Gobierno y sus ministerios, agricultores e investigadores tienen el reto de desarrollar un sector con décadas de atraso y un gran déficit en recursos económicos. El incremento de la población, demanda un aumento sostenible en la producción de alimentos y la necesidad de encarar la globalización y los nuevos mercados hacen imperativa la modernización de los procesos agrícolas [6].

La producción de cultivos en viveros, es una de las técnicas más usadas actualmente en la producción agrícola [7]. La ventaja del sistema de invernadero sobre el método tradicional a cielo abierto, es que, bajo un invernadero, se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera crea un microclima que permite proteger el cultivo de factores externos. La automatización del invernadero provee al agricultor de un manejo preciso de variables ambientales como temperatura, humedad, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), entre otras, que no se logran con una interacción manual. Así mismo, la productividad por metro cuadrado se incrementa y se disminuyen los costos en fertilizantes y mano de obra [7].

En la actualidad, los sistemas de monitoreo y control para invernaderos automatizados se encuentran en una etapa de desarrollo a nivel mundial [7]. El principal inconveniente que tienen los países en vía de desarrollo para la adopción de estas tecnologías son los altos costos de adquisición y montaje. Sin embargo, iniciativas como el desarrollo de un sistema de control y monitoreo de variables ambientales para invernaderos desarrollado por la Universidad de Pamplona [8], es un importante ejemplo que muestra el apoyo que pueden brindar las instituciones de educación superior en la modernización del sector agrícola Colombiano.

Este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de soporte a la toma de decisiones o DSS, implementado para apoyar a agricultores e investigadores en la identificación de técnicas de cultivo en invernadero más eficientes, a partir del análisis de los datos recolectados por los sistemas de monitoreo dentro de un invernadero.

En la primera sección, se mencionan las temáticas y/o conceptos teóricos relevantes para la comprensión del proyecto en el ámbito de la Ingeniería de sistemas. En la segunda sección, se expone la arquitectura implementada para el sistema, en la tercera sección se presenta la funcionalidad del sistema GreenDSS, como herramienta de apoyo en los procesos de selección de protocolos de cultivo en invernaderos. Finalmente se plantean las conclusiones más relevantes en el desarrollo del proyecto.



## 2. CONCEPTOS DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN

Los sistemas de monitoreo y control de invernaderos automatizados se encargan de monitorear múltiples variables por medio de sensores desplegados en diferentes puntos dentro del invernadero [7]. Los datos enviados por los sensores son almacenados por lo general en archivos de texto plano como registros operacionales, sin embargo, los agricultores y los investigadores carecen de herramientas que les permitan analizar y comprender estos registros.

Los datos obtenidos pueden ser de gran utilidad para determinar por ejemplo, una relación entre la cantidad de luz a la que es expuesta una plántula y su tiempo de crecimiento, o entre la humedad y la calidad de los frutos. Conocer estas relaciones permite la selección de protocolos o técnicas de cultivo que llevan a los agricultores a una producción más eficiente, uniforme y con una calidad superior. Para llegar a estas afirmaciones es necesario realizar un análisis multidimensional que involucra tareas de exploración y descubrimiento de información dentro de grandes volúmenes de datos, labor que resulta ineficiente y poco productiva sin el uso de herramientas computacionales adecuadas. Partiendo de esta necesidad, surge el desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones utilizando las tecnologías de OLAP (On-line Analytical Processing) y Minería de Datos.

Un Sistema de Soporte a la toma de Decisiones es un sistema interactivo provisto de programas y herramientas, para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a utilizar tecnologías de comunicaciones, datos, documentos, conocimiento y/o modelos para identificar y resolver problemas, para completar tareas del proceso de decisión, y para tomar decisiones [9].

Los DSS acceden, manipulan y analizan la información contenida en las bodegas de datos a través de herramientas de visualización como OLAP y herramientas de minería de datos [10].

Una bodega de datos es una colección de datos integrados, orientados a las áreas de negocio de una organización, que surgen de la necesidad de utilizar los datos históricos para el planeamiento y toma de decisiones [11][12]. Las bodegas de datos dan soporte a las funcionalidades del DSS.

El término OLAP o Procesamiento Analítico en Línea puede ser definido como el proceso interactivo de crear, mantener, analizar, visualizar y realizar informes sobre los datos [11]. Este análisis consiste en combinar las distintas áreas de la organización, y así ubicar ciertos tipos de información que revelen el comportamiento del negocio [12].

Las herramientas de Minería de Datos, mediante la aplicación de técnicas y algoritmos de análisis de datos especializados, describen y predicen posibles patrones, tendencias o comportamientos de la organización, permitiendo al experto tomar decisiones en los

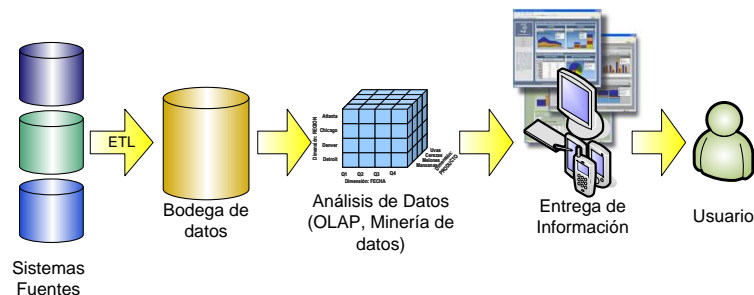


negocios con base en un conocimiento que estaba inmerso en los datos y que no es posible entenderlo a simple vista [13].

Este proyecto adapta y aplica estas tecnologías para el análisis de información generada dentro de los invernaderos, facilitando la labor de productores e investigadores en la identificación de patrones y técnicas de germinación y cultivo más exitosas. A partir de estos resultados los productores de pequeños y medianos cultivos podrán contar con semillas y plántulas que garantizan a futuro, una producción viable bajo unas condiciones ambientales predeterminadas.

### 3. ARQUITECTURA DE GREENDSS

La arquitectura típica de un DSS, se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Arquitectura básica de GreenDSS

Los Sistemas Fuentes son todas aquellas fuentes u orígenes de datos de donde serán tomados los datos para su posterior procesamiento y análisis. Los datos recolectados por los sistemas de control y monitoreo en uno o varios invernaderos conformarán los Sistemas Fuente del DSS, por lo general son archivos planos aunque es recomendable que fuesen gestionados por un sistema OLTP (On-Line Transactional Processing) para garantizar su integridad y disponibilidad. Ciertas variables no pueden ser medidas por un sistema de monitoreo y control de un invernadero y necesitan ser registradas de forma manual como la trazabilidad de la semilla, el tipo de suelo, el número de hojas de la plántula, entre otras, lo que refuerza la necesidad de contar con un sistema OLTP.

Los datos de los Sistema Fuentes, por lo general manejan esquemas de representación de datos diferentes por lo tanto hay que limpiarlos y transformarlos para su posterior carga en la bodega de datos, este proceso recibe el nombre de ETL (Extract, Transform, Load). Suponiendo que existan dos invernaderos A y B, la temperatura medida en el invernadero A se registra en grados Celsius mientras que la temperatura del invernadero B se hace en grados Fahrenheit, en la etapa de transformación los grados Fahrenheit se convertirían a grados Celsius para así tener una medida unificada de temperatura dentro de la Bodega de Datos.



Después que los datos han sido limpiados y transformados, estos son almacenados en una Bodega de Datos donde la información se clasifica y agrupa según las áreas del negocio. Para nuestro proyecto, se tomaron en cuenta las siguientes áreas de negocio: trabajo de campo, pregerminación, germinación y repique. Las tres primeras áreas son previas al trabajo en el invernadero y pensadas para soportar procesos de investigación en un laboratorio.

El análisis de datos, es la etapa en la cual se obtiene conocimiento a partir de los datos almacenados en la Bodega de Datos, a través de herramientas OLAP y de Minería de Datos. La herramienta OLAP analiza y cruza información de las áreas del negocio del invernadero, con la finalidad de responder preguntas, que son difíciles de contestar por métodos tradicionales. La información es mostrada gráficamente y a partir de ese momento, la información generada ya puede ayudar a tomar decisiones estratégicas sobre una situación en particular.

Por ejemplo, a partir de un análisis generado por la herramienta, se podría concluir que las semillas sembradas en un sustrato específico, logran germinar más rápido que otras semillas. La herramienta de Minería de Datos emplea un conjunto de reglas predefinidas sobre las cuales se soporta el análisis de los datos, su objetivo consiste en encontrar patrones y tendencias ocultas en los datos de manera automática. Las consultas o reglas que se utilizan en esta etapa están orientadas al descubrimiento de relaciones causa-efecto. Por ejemplo, es posible determinar como la variación de variables ambientales como temperatura y humedad afectan el tiempo de desarrollo de una plántula.

Finalmente, la información es entregada al usuario a través de interfaces minimalistas e intuitivas, no recargadas de información, y que le permiten una rápida adopción y utilización.

Hoy en día es una necesidad que la información este disponible y accesible sin importar el lugar, el momento y el dispositivo de acceso, por este motivo, el sistema funciona a través de Internet, por lo que es necesario contar sólo con un computador y un punto de red para acceder así de esta manera a la información, desde cualquier lugar del planeta.

#### **4. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA GREENDSS**

GreenDSS se caracteriza por realizar análisis en línea y en tiempo real de la información, además de implementar trazabilidad hacia atrás, donde es posible identificar para una plántula, el lugar de procedencia de la semilla, el árbol específico de donde fue tomada, los tratamientos pregerminativos y de repique aplicados, el sistema de siembra y los sustratos utilizados, las plagas que la atacaron, entre otras.

La herramienta cubre en totalidad cuatro pasos básicos de gestión de información (hace referencia a los procesos de ingreso, consulta, eliminación y actualización de datos) en las etapas de: trabajo de campo, pregerminación, germinación y repique y dos pasos adicionales, más complejos, como lo son los procesos de análisis de datos y predicciones sobre los mismos. A continuación en la Figura 2 se detalla la dinámica de cada uno de ellos:



**Figura 2.** Dinámica manejada por GreenDSS

**Paso 1:** Durante el trabajo de campo, el sistema lleva el registro de las actividades que se hacen durante las visitas a las zonas productoras y/o de investigación. Incluye el registro de la localización de las fuentes semilleras, el registro de los árboles productores asociados a cada fuente y el registro de las recolecciones de semilla. Ver Figura 3.

**GreenDSS**  
Sistema de Soporte a la toma de Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

:: Trabajo de campo :: :: Pre-germinación :: :: Germinación :: :: Replique :: :: Análisis :: :: Opciones :: :: Cerrar sesión :: X

Fuentes de material de propagación

Árboles productores  
Recolecciones de material de propagación

**Fuentes de material de propagación**  
Nuevo registro    Buscar registro

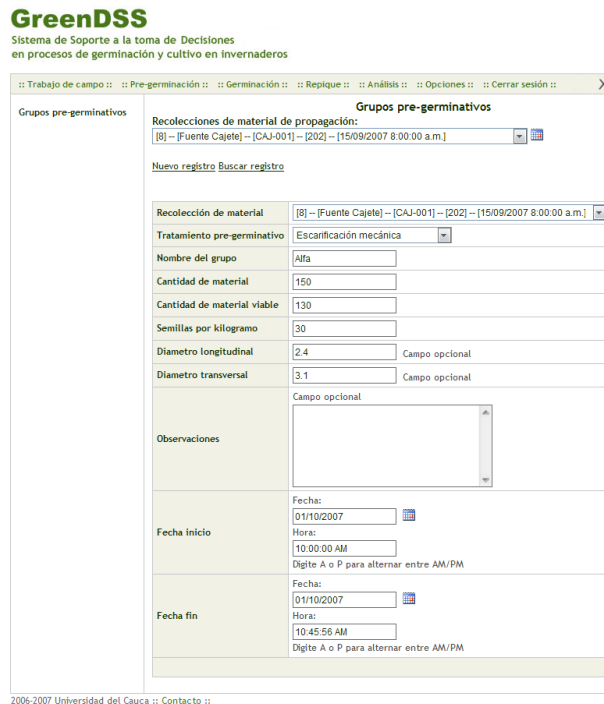
Nombre	Fuente Cajete
Departamento	Cauca
Municipio	Popayan
Corregimiento	Las Piedras
Vereda	Santana
Coordenadas	Latitud (E): 04° 35' 56.57" N: 04° 35' 56.27" N Longitud (E): 128° 12' 03.17" O: 128° 12' 03.17" O
ASNM	1738
Tipo de Fuente	Bosque homogéneo
Características	Campo opcional
Observaciones	Campo opcional

Insertar    Cancelar

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

**Figura 3.** Etapa trabajo de campo

**Paso 2:** En la etapa de pregerminación, el sistema permite llevar un control sobre los grupos pregerminativos conformados a partir de las recolecciones de semillas, el tipo de tratamiento pregerminativo empleado (escarificación mecánica, con ácido, etc.), la duración del proceso y el porcentaje de semillas viables (semillas que sobreviven después de un tratamiento específico) obtenidas en cada grupo al finalizar el proceso. Ver Figura 4.



**GreenDSS**  
Sistema de Soporte a la toma de Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

Trabajo de campo :: Pre-germinación :: Germinación :: Repique :: Análisis :: Opciones :: Cerrar sesión :: X

Grupos pre-germinativos

Recolecciones de material de propagación:  
[8] - [Fuente Cajete] - [CAJ-001] - [202] - [15/09/2007 8:00:00 a.m.]

Nuevo registro Buscar registro

Recolección de material [8] - [Fuente Cajete] - [CAJ-001] - [202] - [15/09/2007 8:00:00 a.m.]

Tratamiento pre-germinativo Escarificación mecánica

Nombre del grupo Alfa

Cantidad de material 150

Cantidad de material viable 130

Semillas por kilogramo 30

Diametro longitudinal 2.4 Campo opcional

Diametro transversal 3.1 Campo opcional

Observaciones

Fecha inicio  
Fecha: 01/10/2007  
Hora: 10:00:00 AM  
Digite A o P para alternar entre AM/PM

Fecha fin  
Fecha: 01/10/2007  
Hora: 10:45:56 AM  
Digite A o P para alternar entre AM/PM

2006-2007 Universidad del Cauca :: Contacto ::

**Figura 4.** Etapa de pregerminación

**Paso 3:** En la etapa de germinación, el sistema lleva el control de la creación de los grupos germinativos conformados a partir de los grupos pregerminativos; registrando la posición de siembra (vertical, horizontal), el sistema de siembra (al voleo, lineal), el número de semillas viables en este proceso y las mediciones manuales o automáticas realizadas a cada grupo germinativo durante un periodo de tiempo.

Las mediciones manuales implican que un operario tome las mediciones correspondientes y luego las ingrese individual y directamente en el sistema. Las mediciones automáticas provienen de un grupo de sensores desplegados cerca de las semillas, los cuales registran y almacenan las mediciones en un dispositivo electrónico denominado memoria EPROM, y de manera asíncrona, son llevadas posteriormente a GreenDSS.

La Figura 5 muestra el comportamiento de la variable temperatura para un grupo germinativo en específico durante un periodo de tiempo determinado.

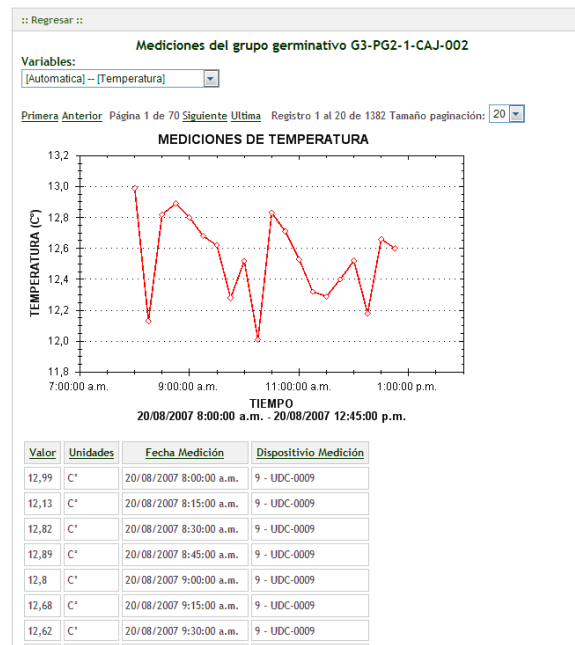


Figura 5. Etapa de germinación

**Paso 4:** En la etapa de repique, el sistema se encarga del registro de los procedimientos de repique aplicados a las plántulas y de los tratamientos aplicados en caso de ataques de plagas. Además, se lleva un control de las mediciones de las variables (temperatura, humedad, otras) que afectan las plántulas obtenidas después de la etapa de germinación. Ver Figura 6.

### GreenDSS

Sistema de Soporte a la toma de Decisiones  
en procesos de germinación y cultivo en invernaderos

**Tratamientos para un grupo de repique**

Grupos de repique: [R2-G1-PG1-1-CAJ-002] - [28] - [01/09/2007 8:00:00 a.m. - 22/09/2007 8:00:00 a.m.]

Nuevo registro Buscar registro

Grupo de repique: [R2-G1-PG1-1-CAJ-002] - [28] - [01/09/2007 8:00:00 a.m. - 22/09/2007 8:00:00 a.m.]

Tratamiento: Tratamiento Poda de Raíz

Fecha de inicio: Fecha: 01/11/2007 Hora: 10:41:01 AM Digite A o P para alternar entre AM/PM

Fecha fin: Fecha: 01/11/2007 Hora: 11:59:00 AM Digite A o P para alternar entre AM/PM

Campo opcional

Observaciones

Insertar Cancelar

Figura 6. Etapa de repique

**Paso 5:** Además de realizar el registro de los pasos básicos del sistema, GreenDSS se encarga de analizar y sintetizar los datos del invernadero a través de comparaciones, análisis histórico, vistas personalizadas y gráficas que ayudan a tomar decisiones estratégicas.

A partir de consultas simples y consultas complejas es posible resolver problemas semi-estructurados o problemas cuya solución es difícil obtener por los procedimientos engorrosos que conlleva. En la Figura 7 se muestra el resultado de una consulta donde se identifica el número de semillas recolectadas en cada una de las fuentes semilleras.

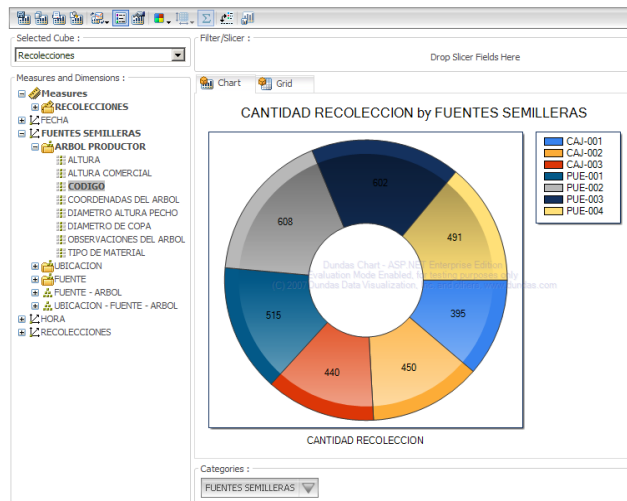


Figura 7. Etapa de Análisis - Consulta simple

En la Figura 8, se muestra el resultado de una consulta compuesta más elaborada, donde por ejemplo, se identifica la fuente semillera que en el año 2007 tuvo más recolecciones y además generó más alto número de semillas viables.

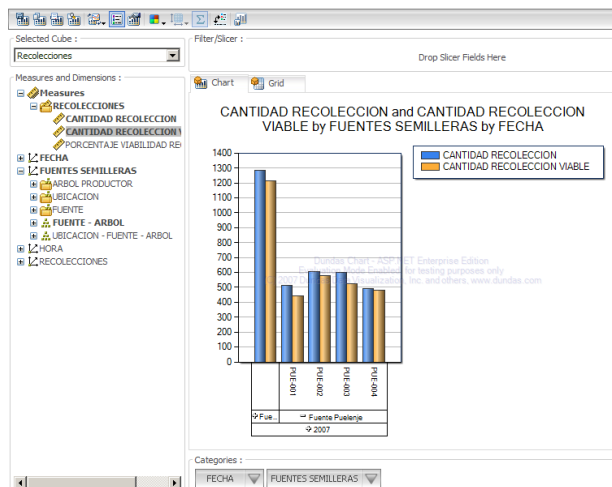


Figura 8. Etapa de Análisis - Consulta compuesta

**Paso 6:** A través de la utilización de la técnica de minería de datos denominada Clasificación, GreenDSS identifica las posibles condiciones ambientales ideales a las que deben ser sometidas las semillas y plántulas para garantizar una mayor productividad en los procesos de germinación y repique.

La Figura 9 muestra un árbol de clasificación generado después de aplicar la técnica que permitió identificar y catalogar en excelente, bueno, regular, malo e insuficiente el proceso de germinación teniendo en cuenta unas variables específicas en una muestra de 3552 registros de prueba.

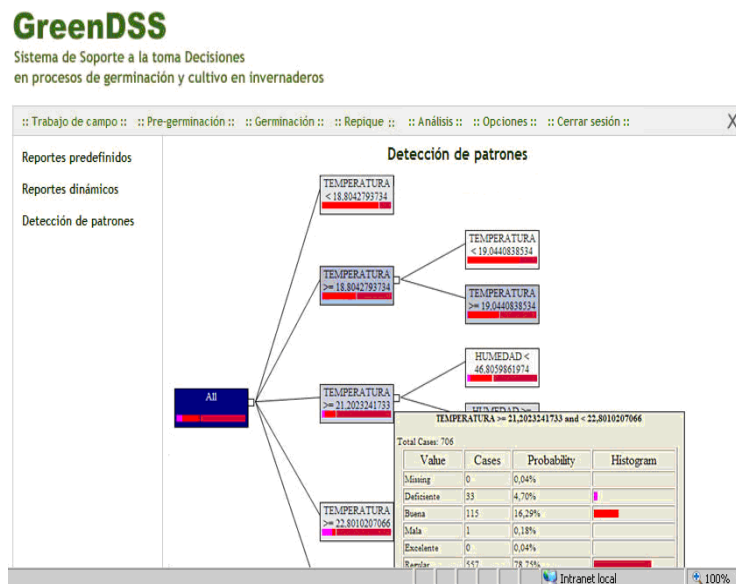


Figura 9. Etapa de Predicción

## 5. CONCLUSIONES

Los sistemas de soporte a la toma de decisiones son parte de la revolución de las tecnologías de la información y nacen de la necesidad de solucionar problemas complejos, debido a que en la actualidad, se cuenta con tantos datos que es difícil procesarlos y convertirlos en información útil para mejorar el desempeño de las organizaciones.

El sistema de soporte a la toma de decisiones puede tener un excelente desempeño y aceptación en el campo de la agro-industria, al minimizar los tiempos de análisis de datos, entregando información precisa y oportuna para el apoyo a la toma de decisiones estratégicas, como lo ha hecho en otros sectores económicos, en especial el comercio [15][16][17].

La adaptación y aplicación de las tecnologías de Bodegas de datos, OLAP y Minería de datos, en el análisis de información generada dentro de viveros automatizados, facilitará



la labor de productores e investigadores en la identificación de patrones y técnicas de germinación y cultivo más exitosas. A partir de estos resultados, los productores de pequeños y medianos cultivos podrán contar con semillas y plántulas que garantizan a futuro, una producción viable bajo unas condiciones ambientales predeterminadas.

Las simulaciones de variables ambientales junto a los tratamientos y métodos de cultivos, además de ayudar a responder preguntas sobre que pasó en una situación productiva en particular y predecir que pasará para un conjunto de circunstancias dadas probadas incluso antes, de que se siembre el cultivo, pueden ayudar a la detección temprana y al manejo anticipado de problemas que pueden ayudar a prevenir pérdidas potenciales de cultivos.

Factores como la humedad relativa del suelo y la temperatura del aire pueden tener un efecto enorme sobre el rendimiento de los cultivos. La habilidad de registrar datos de cultivo, suelo y ambiente de forma regular durante el crecimiento de los cultivos, puede aportar información crítica cuando un productor comienza a responder preguntas concernientes al rendimiento de los cultivos y a las relaciones causa efecto.

## REFERENCIAS

- [1] GÓMEZ, Diego Fernando. Construcción de lo posible, un marco prospectivo para el desarrollo del país. Medellín - Colombia. Centro de Estudios en Economía Sistémica. 2005. ISBN: 958-97719-0-4.
- [2] Miguel A. Altieri. Biotecnología agrícola: Mitos, Riesgos Ambientales y Alternativas. Universidad de California, Berkeley.
- [3] Revista Cambio Climático, Ciencia y Conciencia. Expo Universidad 2007. Universidad de Antioquía. ISBN: 978-958-714-061-3.
- [4] [http://usinfo.state.gov/esp/home/topics/us\\_society\\_values/agriculture.html](http://usinfo.state.gov/esp/home/topics/us_society_values/agriculture.html)
- [5] GÓMEZ, Diego Fernando. Repensando el desarrollo, una aproximación sistémica. Medellín - Colombia. Centro de Estudios en Economía Sistémica. 2005. ISBN: 958-97719-1-2.
- [6] ALEXANDRATOS, Nikos. Agricultura Mundial: Hacia el año 2010 Estudio de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.
- [7] Universidad Autónoma de Querétaro. Especialidad en Ingeniería de Invernaderos.
- [8] ROZO Ibañez, Durvvin A. Control y Monitoreo de Variables Ambientales Utilizando PLC y SCADA. Revista Colombiana de Tecnología Avanzada. ISSN: 1692-7257. Volumen 2, 2003.
- [9] POWER, D. J. What is a DSS. DSStar, 1997. URL: <http://dssresources.com/papers/whatisadss>.
- [10] <http://www.emb.cl/gerencia/noticia.mv?id=20021218x1>
- [11] DATE, C. J. Introducción a los Sistemas de Bases de Datos. Séptima edición. Addison Wesley Iberoamericana, 2001.





- [12] ZVEMBER, Patricia A. Introducción al Soporte de Decisiones, Incorporación de Soluciones OLAP en Entornos Empresariales. Argentina, Universidad Nacional del Sur, 2005.
- [13] Latino BI. Inteligencia de Negocios: Minería de Datos para Apoyar la Toma de Decisiones.
- [14] INMON, W. H. Building the Data Warehouse. Second Edition. Wiley Computer Publishing, 1996.
- [15] Gartner Group. The Outlook for Business Intelligence and Data Warehousing. URL: [http:// www.gartnerpress.com/reports](http://www.gartnerpress.com/reports).
- [16] Computerworld. Business Intelligence at Age 17. URL: <http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=266298>
- [17] Hyperion Solutions Ibérica. Business Intelligence: El Tesoro de Saber Utilizar el Tiempo. URL: [http://www.hyperion.es/downloads/es/Saber\\_utilizar\\_el\\_tiempo\\_Mayo\\_05.pdf](http://www.hyperion.es/downloads/es/Saber_utilizar_el_tiempo_Mayo_05.pdf)