

Especificación formal del modelo entidad-asociación temporalizado TempER-Tr

María Lourdes Montes López
Facultad de Electrotecnia y Computación
Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua
montes@datatex.com.ni

Ignacio Trejos Zelaya
Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, y
Cenfotec
itrejos@cenfotec.com, itrejos@itcr.ac.cr

Resumen

En este artículo se presenta la especificación formal de los conceptos básicos de temporalidad establecidos en el modelo TempER-Tr [Antunes 1996]. La notación utilizada es Z [Spivey 1992].

Se especifican los conceptos principales que tienen relación con el modelaje conceptual temporalizado de sistemas de información y que son la base de una biblioteca de esquemas genéricos para la especificación de sistemas de información temporalizados (TempER-Z) [Montes 2000, Montes 2000a].

Palabras claves: especificación, formalización, temporalidad, modelo conceptual, meta-modelo.

1. Introducción

El meta-modelo del modelo ER temporal transaccional TempER-Tr, contempla:

- (1) La especificación formal de los conceptos básicos de temporalidad establecidos en el modelo TempER-Tr [Antunes 1996, Antunes 1997a, Antunes 1997b].
- (2) Los principales componentes del modelo ER-temporal.
- (3) Los esquemas de las principales operaciones que se pueden aplicar para manipular los elementos de un modelo de datos temporalizado.

En este artículo se presentan, por limitaciones de espacio, los dos primeros puntos. Estas especificaciones son la fundamentación de una biblioteca de esquemas genéricos que facilita la especificación de sistemas de información temporalizados.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 presentamos los conceptos fundamentales del modelo temporal TempER-Tr. En la sección 3 presentamos los conceptos y formalización de los principales elementos que conforman el modelo ER temporal. La sección 4 concluye.

2. Conceptos fundamentales

A continuación se sintetizan y formalizan los conceptos temporales del modelo TempER-Tr propuesto por [Antunes 1996].

2.1. Dimensión temporal

La dimensión temporal se define como una secuencia discreta, lineal y finita de puntos consecutivos de tiempo. Representa el *tiempo de validez*, que es el tiempo cuando un hecho es registrado en una base de datos. Se postulan dos puntos limítrofes de la dimensión temporal y son referenciados por medio de siglas especiales: el límite inferior es representado por el símbolo " ℓ_i " y el límite superior es representado por el símbolo " ℓ_s ".

[Punto_Tiempo]

Este conjunto corresponde a los puntos de tiempo en los cuales ocurren los eventos.

before define una relación de orden: es irreflexiva, transitiva y antisimétrica.

$_before_ : \text{Punto_Tiempo} \leftrightarrow \text{Punto_Tiempo}$
$(\forall t : \text{Punto_Tiempo} \bullet \neg (t \text{ before } t)) \wedge$
$(\forall t_a, t_b, t_c : \text{Punto_Tiempo} \mid (t_a \text{ before } t_b \wedge t_b \text{ before } t_c \bullet t_a \text{ before } t_c) \wedge$
$(\forall t_a, t_b : \text{Punto_Tiempo} \mid t_a \neq t_b \bullet t_a \text{ before } t_b \vee t_b \text{ before } t_a$

Consecutivos describe todos los conjuntos de puntos de tiempo que son consecutivos, *siguiente* obtiene el punto de tiempo sucesor de otro punto de tiempo, *tmax* y *tmin* retornan los puntos máximo y mínimo (respectivamente), de un conjunto de puntos de tiempo.

$\ell_i, \ell_s : \text{Punto_Tiempo}$
$\text{consecutivos} : \mathbb{P}(\mathbb{P}_1 \text{Punto_Tiempo})$
$\text{tmax}, \text{tmin} : \mathbb{P}_1 \text{Punto_Tiempo} \rightarrow \text{Punto_Tiempo}$
$\text{siguiente} : \text{Punto_Tiempo} \rightarrow \text{Punto_Tiempo}$
$\text{predecesor} : \text{Punto_Tiempo} \rightarrow \text{Punto_Tiempo}$
$\ell_i \text{ before } \ell_s$
$(\forall t : \text{Punto_Tiempo} \mid \ell_i \neq t \bullet \ell_i \text{ before } t)$
$(\forall t : \text{Punto_Tiempo} \mid \ell_s \neq t \bullet t \text{ before } \ell_s)$
$(\forall t : \text{Punto_Tiempo} \mid t \neq \ell_s \bullet \text{siguiente}(t) = (\mu t' : \text{Punto_Tiempo} \mid t \text{ before } t' \wedge (\forall t'' : \text{Punto_Tiempo} \mid t' \neq t'' \wedge t \text{ before } t'' \bullet t' \text{ before } t''))$
$(\forall t : \text{Punto_Tiempo} \mid t \neq \ell_i \bullet \text{predecesor}(t) = \mu t' : \text{Punto_Tiempo} \mid t = \text{siguiente}(t'))$
$(\forall ps : \mathbb{P}_1 \text{Punto_Tiempo}$
$\bullet \text{tmax}(ps) = \mu t : ps \mid (\forall t_0 : ps \mid t_0 \neq t \bullet t_0 \text{ before } t)$
$\text{tmin}(ps) = \mu t : ps \mid (\forall t_0 : ps \mid t_0 \neq t \bullet t \text{ before } t_0)$
$\text{consecutivos}(ps) \Leftrightarrow (\forall t : ps \mid t \text{ before } \text{tmax}(ps) \bullet \text{siguiente}(t) \in ps)$

Tomando como base los conceptos anteriores, la siguiente especificación define la dimensión temporal:
 $\text{Dimensión_Temporal} == \mu ps : \mathbb{P}_1 \text{Punto_Tiempo} \mid \ell_i \in ps \wedge \ell_s \in ps \wedge \text{consecutivos}(ps)$

2.2. Intervalo de tiempo

Un *intervalo de tiempo* es un conjunto de puntos consecutivos de la dimensión temporal, por lo que se define como: $\text{Intervalo_Tiempo} == \text{consecutivos}$

A continuación se define una función que genera el intervalo de tiempo $[t_i, t_f]$:

$\text{gen_intervalo}(t_i, t_f) = (\mu \text{int} : \text{Intervalo_Tiempo} \mid t_i = \text{tmin int} \wedge t_f = \text{tmax int})$

2.3. Elemento temporal

Un *elemento temporal* es la unión finita de intervalos de tiempo disyuntos:

$\text{Elemento_Temporal} == \{ is : \mathbb{P}_1 \text{Intervalo_Tiempo} \mid (\forall i, i' : is \mid i \neq i' \Rightarrow i \cap i' = \emptyset) \}$

El *elemento temporal mínimo* nos da un valor único: aquel elemento temporal con el mínimo número de intervalos que contiene exactamente el conjunto de puntos de tiempo dado.

$\text{Elemento_Temporal_Mínimo} : \mathbb{P} \text{Punto_Tiempo} \rightarrow \text{Elemento_Temporal}$
$\text{Elemento_Temporal_Mínimo} =$
$\lambda ps : \mathbb{P} \text{Punto_Tiempo}$
$\bullet (\text{let card_ets} == \{ et : \text{Elemento_Temporal}; i : \mathbb{N} \mid \cup et = ps \wedge i = \# et \bullet i \mapsto et \}$
$\text{ind_et} == \min(\text{dom card_ets})$
$\bullet \text{card_ets}(\text{ind_et}))$

2.4. Asignación temporal

Los valores se organizan en tipos. Por simplicidad suponemos que cada valor pertenece a un solo tipo (no hay inclusión de tipos ni sobrecarga de valores):

[Valor, Tipo]

La función total *tipo* asocia un valor con su tipo.

tipo: Valor $\rightarrow$ Tipo

Una *asignación temporal* permite captar la evolución de los valores de los atributos y es una función del elemento temporal hacia el dominio de valores definidos de los atributos.

Asignación_Temporal: $\mathbb{P}(\text{Intervalo_Tiempo} \rightarrow \text{Valor})$

$(\forall a: \text{Intervalo_Tiempo} \rightarrow \text{Valor} \mid a \neq \emptyset \bullet \text{Asignación_Temporal}(a) \Leftrightarrow \text{dom}(a) \in \text{Elemento_Temporal})$

El hecho de que los intervalos que aparecen en una asignación temporal son todos disyuntos garantizará que un atributo solo tiene un valor a la vez.

2.5. Dominio temporal

El *dominio temporal* corresponde al intervalo comprendido entre los puntos inicial y final en que una asignación temporal está definida.

Dominio_Temporal: Asignación_Temporal $\rightarrow$ Intervalo_Tiempo

$\forall a: \text{Asignación_Temporal}; ps: \mathbb{P} \text{ Punto_Tiempo}$

$\mid ps = \cup(\text{dom } a)$

$(\exists ti, tf: \text{Punto_Tiempo}$

$\mid ti = \text{tmin}(ps) \wedge tf = \text{tmax}(ps) \wedge \text{Dominio_Temporal}(a) = \text{gen_intervalo}(ti, tf))$

2.6. Restricción temporal

Una *restricción temporal* permite obtener un segmento de una asignación temporal, restringido a un intervalo específico.

Restricción_Temporal: $(\text{Intervalo_Tiempo} \times \text{Asignación_Temporal}) \rightarrow \text{Asignación_Temporal}$

$\forall i: \text{Intervalo_Tiempo}; a: \text{Asignación_Temporal}$

$\bullet \text{Restricción_Temporal}(i, a) =$

$\{ i': \text{Intervalo_Tiempo}; val: \text{Valor}; ti, tf: \text{Punto_Tiempo}$

$\mid i' \mapsto val \in a \wedge (i \cap i') \neq \emptyset \wedge ti = \text{tmin}(i \cap i') \wedge tf = \text{tmax}(i \cap i')$

$\bullet \text{gen_intervalo}(ti, tf) \mapsto val \}$

2.7. Identificador interno de instancias OID

Oid es el conjunto de identificadores de objetos generados por el sistema. Cada elemento es único en el ámbito del universo del discurso de la aplicación, es invisible al usuario y e identifica una instancia.

[Oid]

Las *instancias* son los datos de una BD en un momento particular. Toda instancia tiene una identidad (Oid) y un valor para cada uno de los atributos que conforman la entidad correspondiente. Los tres tipos de instancias que utilizaremos son:

- *Instancias intemporales* son aquellas que no se asocian con la dimensión temporal.
- *Instancias transitorias* son aquellas cuya validez temporal es un subconjunto de puntos de tiempo de la dimensión temporal, es decir, que valen por un cierto periodo de tiempo.
- *Instancias perennes* son aquellas cuya validez temporal es exactamente igual a toda la dimensión temporal, es decir, que existen siempre (desde el momento de su creación hasta ℓ_s).

3. Elementos que conforman un modelo ER temporal

El modelo ER Temporal (TempER) permite realizar el modelaje estático y dinámico de un sistema. En el modelo estático (o estructural) la *característica de temporalidad* se define como *temporal* si está asociada con la dimensión temporal y *no temporal* en caso contrario:

Temporalidad ::= Temporal | No_Temporal

Una entidad en el modelo temporal puede ser intemporal, transitoria o perenne:

Tipo_Entidad ::= Ent_Intemporal | Ent_Transitoria | Ent_Perenne

Un modelo ER Temporal puede definirse mediante los elementos que se describen en las secciones siguientes.

3.1. Atributos

Los atributos de los conjuntos de entidades y conjuntos de asociaciones son especificados por medio del diccionario de datos que complementa un diagrama TempER-Tr. La descripción de un atributo presenta: los nombres de atributos, el dominio de los valores que pueden ser asociados a los atributos y la clasificación de los atributos en relación con el tiempo, indicando si el atributo es temporalizado (referenciado a puntos de tiempo) o no temporalizado (sin valores asociados con la dimensión temporal).

Reglas:

- Las entidades, sean transitorias o perennes, pueden combinar atributos temporalizados con atributos no temporalizados, por presentar una de dos perspectivas en relación con el tiempo.
- Las asociaciones temporalizadas en el caso que tengan atributos, poseen únicamente atributos temporalizados.
- Las asociaciones no temporalizadas poseen únicamente atributos no temporalizados.

La siguiente declaración corresponde al conjunto de nombres de atributos:

[Atributo]

Dependiendo del tipo de entidad, la descripción de los atributos se define tomando en consideración su *característica de temporalidad*:

1. Si es intemporal: está compuesta de atributos, los que a su vez tienen un tipo asociado.
2. Si es temporal: está compuesta de atributos, cada uno de los cuales tienen un tipo asociado y una característica de temporalidad que puede ser temporal o intemporal.

Descr_Atributos ::= En_Intemporal « Atributo $\rightarrow$ Tipo »
| En_Temporal « Atributo $\rightarrow$ (Tipo $\times$ Temporalidad) »

3.1.1. Atributos no temporalizados

Los *atributos no temporalizados* son aquellos cuyos valores no presentan asociación con la dimensión temporal. Gracias a los atributos no temporalizados es posible representar los atributos convencionales del modelo entidad-asociación. Para estos atributos solo pueden registrarse datos instantáneos: el valor actual.

En la siguiente declaración se definen los *atributos no temporalizados* de forma que cada atributo tiene asociado un valor:

Atributos_Intemporales == Atributo $\rightarrow$ Valor

3.1.2. Atributos temporalizados

Los *atributos temporalizados* son aquellos cuyo valor (contenido) debe ser referenciado a puntos de tiempo. Es importante destacar que:

- No hay nada que impida que un mismo valor aparezca en puntos diferentes de tiempo.
- La serie de valores que un atributo presenta a lo largo del tiempo no debe ser confundida con multivaluación de atributos, pues para cada punto de tiempo es permitido únicamente un valor.

El objetivo de los atributos temporalizados es permitir que se registre la evolución de los valores que toma un atributo a lo largo del tiempo.

En virtud de que en el modelo TempER no existen atributos opcionales:

- Un atributo temporalizado debe obligatoriamente presentar un valor para cada momento de la existencia de las instancias (de entidades) o asociaciones temporalizadas a que pertenezca.
- Cuando se trata de entidades perennes, el atributo temporalizado presenta valor en todos los puntos de la dimensión temporal.

En la siguiente especificación se definen los *atributos temporalizados* de forma que cada atributo está asociado a una asignación temporal:

Atributos_Temporales == (Atributo $\leftrightarrow$ Asignación_Temporal)

Considerando que los atributos en el modelo TempER son clasificados en *no temporalizados* (atributos convencionales) y *temporalizados* (asociados con la dimensión temporal), el esquema de atributos se define por medio de la composición de ambos tipos de atributos:

Atributos	
at:	Atributos_Temporales
ai:	Atributos_Intemporales
$\text{dom at} \cap \text{dom ai} = \emptyset$	

3.2. Entidades

Las entidades en el modelo TempER son clasificadas en *transitorias* y *perennes*, de acuerdo con sus vínculos con la dimensión temporal. Se incluye también entidades *intemporales* para representar las entidades del modelo entidad-asociación convencional. Todas las entidades, sean temporalizadas o no temporalizadas, presentan una *existencia* o *validez temporal*.

La *validez temporal* de las entidades se determina según sea el tipo de entidad a la que está asociada:

- ✓ La *validez transitoria* se define como un conjunto finito de puntos de tiempo de la dimensión temporal. Puede estar compuesta por más de un intervalo de tiempo. Sin embargo, los puntos de tiempo que definen la validez temporal no necesariamente son consecutivos.
 $\text{validez_transitoria} == \text{Elemento_Temporal}$
- ✓ La *validez perenne* es un elemento de la dimensión temporal (un intervalo):
 $\text{validez_perenne} == \text{Dimensión_Temporal}$

Por tanto, la siguiente definición corresponde a la validez temporal de la entidad:

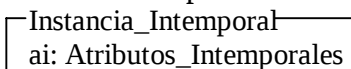
$\text{Validez_Temporal_Entidad} ::= \text{Validez_Transitoria} \langle\langle \text{validez_transitoria} \rangle\rangle \mid \text{Validez_Perenne} \langle\langle \text{validez_perenne} \rangle\rangle$

[Id_Entidad]

Corresponde al conjunto de identificadores (nombres) únicos de entidad. No debe ser confundido con el conjunto de identificadores de instancias, Oid.

3.2.1. Entidades intemporales

Las *entidades intemporales* son aquellas que no tienen ningún tipo de asociación con la dimensión temporal. Están compuestas únicamente por atributos intemporales.



3.2.2. Entidades transitorias

Las *entidades transitorias* son aquellas cuya validez temporal es un subconjunto de puntos de tiempo de la dimensión temporal. Normalmente se utilizan cuando se quiere modelar entidades que valen por varios periodos de tiempo, no necesariamente consecutivos. La *existencia de una entidad* puede estar compuesta por más de un intervalo de tiempo, por tanto, el conjunto de puntos de tiempo que define la validez temporal de una entidad no necesariamente está formado por momentos consecutivos. Una visualización gráfica de la existencia de una entidad transitoria sería la siguiente:

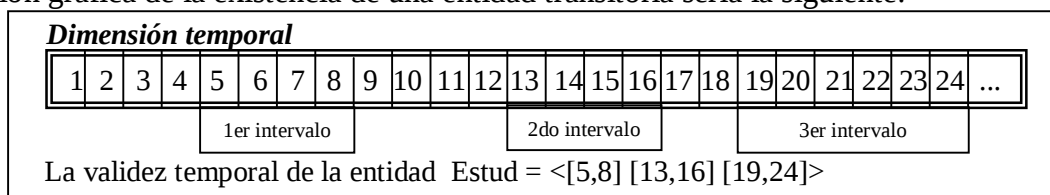
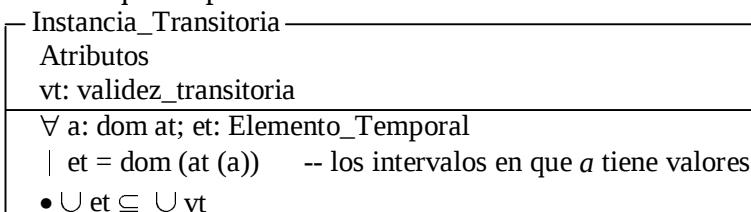


Figura No. 1. Existencia de una entidad transitoria.

Es posible, a través de las transacciones, ampliar o reducir la validez temporal de las entidades transitorias. Como resultado del funcionamiento del sistema, subconjuntos de puntos de tiempo pueden ser adicionados o retirados de la existencia de este tipo de entidades (en particular, reducir un intervalo de forma $[t_i, \ell_s]$ a uno de forma $[t_i, t_f]$).

El siguiente esquema permite definir una instancia transitoria.



3.2.3. Entidades Perennes

Las *entidades perennes* son aquellas cuya validez temporal es exactamente igual a toda la dimensión temporal o sea que existen siempre. Cada vez que una entidad perenne es incluida en la base de datos del sistema, se supone que su rótulo temporal es igual a $[\ell_i, \ell_s]$, esto es, su validez temporal inicia en el primer punto de la dimensión temporal y se extiende hasta el último. Una visualización gráfica de la existencia de una entidad perenne sería la siguiente:

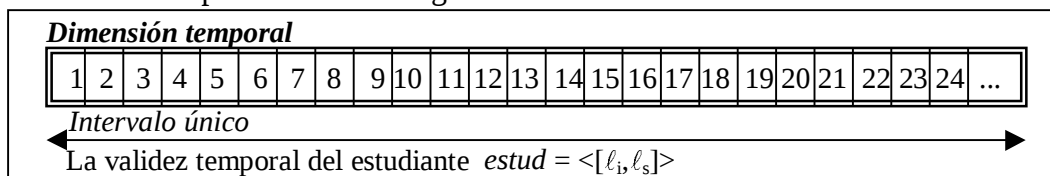


Figura No. 2. Existencia de una entidad perenne.

En una entidad perenne, cada instancia presenta valores para cada punto de tiempo desde su creación hasta su destrucción.

La *instancia perenne* para un atributo temporalizado está definida para todos los puntos de tiempo consecutivos de la validez perenne de la instancia, bajo la restricción de que para cualquier atributo temporal, la cantidad de puntos en que está definido es igual a la cantidad de puntos en que tiene valor.

Instancia_Perenne
Atributos
vp: validez_perenne
$\forall a: \text{dom at} \bullet \# (\text{Dominio_Temporal}(\text{at}(a))) = \# (\cup \text{dom}(\text{at}(a)))$

3.2.4. Entidades en el diccionario de datos

La siguiente declaración establece que en el modelo ER temporal las instancias se clasifican en intemporales, transitorias y perennes:

Instancia::=Intemporal«Instancia_Intemporal» | Transitoria«Instancia_Transitoria» | Perenne«Instancia_Perenne»

El diccionario de datos de entidades está compuesto por los identificadores de entidad con sus propiedades (tipo de entidad y atributos) y las entidades declaradas.

Diccionario_Datos_Entidades
Dicc_Entidad: Id_Entidad $\leftrightarrow$ (Tipo_entidad $\times$ Descr_Atributos)
Entidades_Declaradas: $\mathbb{F}$ Id_Entidad
Entidades_Declaradas = dom Dicc_Entidad

El diccionario de datos de las instancias está compuesto por las entidades a las cuales se asocia el identificador de objetos de cada instancia, las características de las instancias asociadas a los identificadores de objetos que le corresponden y el conjunto de identificadores de objetos existentes.

Diccionario_Datos_Instancias
Entidad_De: Oid $\leftrightarrow$ Id_Entidad
Instancia_De: Oid $\leftrightarrow$ Instancia
Oids: $\mathbb{F}$ Oid
dom Entidad_De = dom Instancia_De = Oids

3.3. Asociaciones

Una *asociación* se puede ver como una clase genérica de enlaces entre objetos pertenecientes a las entidades involucradas. La siguiente declaración corresponde al conjunto de identificadores (nombres) de asociaciones, estos nombres son únicos:

[Id_Asociación]

La especificación de la asociación binaria se define como un conjunto de pares ordenados de las instancias de Entidad1 y Entidad2. En adelante solo haremos referencia a las asociaciones binarias.

Entidad1, Entidad2: $\mathbb{F}$ Oid
A: Oid $\leftrightarrow$ Oid
dom A $\subseteq$ Entidad1
ran A $\subseteq$ Entidad2

En lo que respecta a la cardinalidad de las asociaciones:

- La cardinalidad de una asociación puede ser cero, uno o muchos:
Cardinalidad ::= Cero | Uno | Muchos
- La cardinalidad mínima puede ser “cero” o “uno” y la cardinalidad máxima puede ser “uno” o “muchos”:

Mínima == {Cero, Uno}

Máxima == {Uno, Muchos}

3.3.1. Validez temporal de una asociación

La *validez temporal* de una asociación temporalizada siempre está contenida dentro de la intersección de validez de las instancias de las entidades asociadas. En cambio, las asociaciones no temporalizadas no están relacionadas con la dimensión temporal.

Validez_Temporal_Asociación: Validez_Temporal_Entidad×Validez_Temporal_Entidad→Elemento_Temporal ①

($\forall$ vte₁, vte₂: Validez_Temporal_Entidad;

($\exists$ et₁, et₂:Elemento_Temporal; dt₁, dt₂:Dimensión_Temporal; vt, vt₁, vt₂: $\mathbb{P}$ Punto_Tiempo

| vte₁ = validez_transitoria (et₁) $\Rightarrow$ vt₁ = $\cup$ et₁

vte₁ = validez_perenne (dt₁) $\Rightarrow$ vt₁ = dt₁

vte₂ = validez_transitoria (et₂) $\Rightarrow$ vt₂ = $\cup$ et₂

vte₂ = validez_perenne (dt₂) $\Rightarrow$ vt₂ = dt₂

vt = vte₁ $\cap$ vte₂ -- un conjunto de puntos de tiempo.

• **let** et! == elemento_temporal_mínimo (vt) ②

• Validez_Temporal_Asociación (vte₁, vte₂) = et!)) ③

En caso de no definir la validez temporal de la asociación mediante un elemento temporal, sino mediante conjuntos de puntos de tiempo, las expresiones señaladas arriba sufrirían los siguientes cambios:

① Validez_Temporal_Asociación: Validez_Temporal_Entidad×Validez_Temporal_Entidad→ $\mathbb{P}$ Punto_Tiempo

② La expresión de este punto se elimina del esquema.

③ Validez_Temporal_Asociación (vte₁, vte₂) = vt

3.3.2. Asociaciones temporalizadas

Las *asociaciones temporalizadas* son las asociaciones que relacionan dos entidades en el ámbito de la dimensión temporal. Esto es, además de los OID de las instancias de las entidades, estas asociaciones también se relacionan en puntos de tiempo de la dimensión temporal y solo son válidas en los momentos especificados por sus rótulos temporales. La validez de tiempo de una asociación temporalizada siempre está contenida dentro de la intersección de la validez temporal de las instancias de las entidades asociadas. La siguiente declaración corresponde a la asociación temporalizada entre dos entidades en puntos específicos de tiempo:

Asociación_Temporal == (Oid×Oid) $\leftrightarrow$ Punto_Tiempo

En adelante usaremos la variable AT como una asociación temporal:

AT: Oid×Oid $\leftrightarrow$ Punto_Tiempo

En la siguiente estructura se puede observar que una asociación temporalizada está formada por un conjunto de pares ordenados compuestos por los identificadores de las instancias, los cuales pueden asociarse con diferentes puntos de tiempo:

AT = { (i₁, i₂) $\mapsto$ t₁, (i₁, i₂) $\mapsto$ t₂, (i₁, i₃) $\mapsto$ t₁, (i₂, i₃) $\mapsto$ t₃ }

3.3.3. Asociaciones no temporalizadas

Las *asociaciones no temporalizadas* son asociaciones que no toman en consideración la dimensión temporal; en ellas únicamente participan los OID de las instancias de las entidades, sin mención a puntos de tiempo. Para efectos de recuperación de información, las asociaciones no temporalizadas son siempre válidas desde que están presentes en la base de datos. Los argumentos temporales que están

presentes en las consultas, no restringen o no producen efectos sobre el acceso a este tipo de asociaciones. La siguiente declaración corresponde a la asociación no temporalizada entre dos entidades en puntos específicos de tiempo:

Asociación_Intemporal == Oid $\leftrightarrow$ Oid

En adelante usaremos la variable AI como una asociación no temporalizada, AI : Oid $\leftrightarrow$ Oid.

3.3.4. Asociaciones en el diccionario de datos

El siguiente esquema contiene la información de una asociación:

Info_Asociación
id_entidad1, id_entidad2: Id_Entidad
cardinalidad1: Mínima $\times$ Máxima
cardinalidad2: Mínima $\times$ Máxima
temporalidad: Temporalidad

En el diccionario de datos aparecen los identificadores de las asociaciones relacionados con su información correspondiente, así como las asociaciones declaradas, las asociaciones no temporalizadas y las asociaciones temporalizadas.

Diccionario_Datos_Asociaciones
Dicc_Asociación: Id_Asociación $\rightarrow$ Info_Asociación
Asociaciones_Declaradas: $\mathbb{P}$ Id_Asociación
Asoc_De_Intem: Id_Asociación $\rightarrow$ Asociación_Intemporal
Asoc_De_Tem: Id_Asociación $\rightarrow$ Asociación_Temporal
$\text{dom Asoc_De_Intem} \cap \text{dom Asoc_De_Tem} = \emptyset$
$\text{Asociaciones_Declaradas} = (\text{dom Asoc_De_Intem}) \cup (\text{dom Asoc_De_Tem})$
$\text{Asociaciones_Declaradas} = \text{dom Dicc_Asociación}$

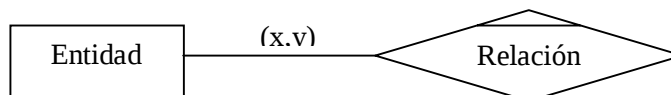
3.3.5. Restricciones de cardinalidad

Una *restricción de cardinalidad* anotada junto a las líneas de asociación se refiere a la participación de las entidades en la asociación. El significado de las restricciones de cardinalidad *depende* de la clasificación temporal de cada asociación:

- En asociaciones temporalizadas la cardinalidad se da en relación con cada punto del tiempo.
- En asociaciones no temporalizadas deja de existir esta referencia a puntos del tiempo y las restricciones de cardinalidad quedan semejantes a las del modelo ER convencional (es decir, es una cardinalidad *instantánea*: lo que es válido actualmente y siempre debe serlo).

3.3.5.1. Restricciones de cardinalidad de asociaciones no temporalizadas

En las situaciones en que un conjunto de asociaciones es *no temporalizada*, las restricciones de cardinalidad tienen el siguiente significado, sin hacer referencias a momentos de tiempo:



<i>Simbología</i>	<i>Cardinalidad</i>	<i>Descripción</i>
(0,1)	Mínima cero y máximo uno	Una instancia de una entidad puede no participar en una asociación; si participa, se limita a lo máximo a una ocurrencia.
(0,M)	Mínimo cero y máximo M	Una instancia de una entidad puede no participar en la asociación, o puede participar una vez o más.

(1,1)	Mínimo uno y máximo uno	Una instancia de una entidad participa a lo mínimo una vez y a lo máximo una vez en la asociación.
(1,M)	Mínimo uno y máximo M	Una instancia de una entidad participa a lo mínimo una vez en la asociación, pudiendo participar muchas veces.

Cuadro No. 1. Descripción de las restricciones de cardinalidad no temporalizadas.

Inicialmente se describe el esquema para definir una asociación sin restricciones entre entidades:

Asoci	_____
$E_1 : \mathbb{F} \text{ Oid}$	
$E_2 : \mathbb{F} \text{ Oid}$	
$AI : \text{Oid} \leftrightarrow \text{Oid}$	
$\text{dom } AI \subseteq E_1$	
$\text{ran } AI \subseteq E_2$	

Hay familias de cardinalidades 1 a 1 (uno a uno), 1 a M (uno a muchos), M a 1 (muchos a uno), N a M (muchos a muchos), etc. Cada tipo de cardinalidad tiene cuatro variantes, dependiendo de la opcionalidad de las entidades que participan.

En este artículo se presentan únicamente las asociaciones temporalizadas de tipo uno a uno, los demás se definen de forma similar. Este tipo de cardinalidad tiene cuatro variantes como:

Tipo	Descripción
01_01	Uno opcional a uno opcional.
11_11	Uno obligatorio a uno obligatorio.
01_11	Uno opcional a uno obligatorio.
11_01	Uno obligatorio a uno opcional.

Cuadro No. 2. Cardinalidades no temporalizadas del tipo uno a uno.

Asociación uno opcional a uno opcional

Asoci01_01	_____
Asoci	
$AI \in E_1 \rightsquigarrow E_2$	

El esquema establece asociaciones entre entidades, con cardinalidad uno opcional a uno opcional. Se define una *asociación inyectiva parcial* entre las entidades.

Asociación uno obligatorio a uno obligatorio

Asoci11_11	_____
Asoci01_01	
$\text{dom } AI = E_1$	
$\text{ran } AI = E_2$	

El esquema establece asociaciones entre entidades, con cardinalidad uno obligatorio a uno obligatorio. Se define una *asociación total* entre las entidades.

Asociación uno opcional a uno obligatorio

Asoci01_11	_____
Asoci01_01	
$\text{ran } AI = E_2$	

El esquema establece asociaciones entre entidades, con cardinalidad uno opcional a uno obligatorio. Se define una *asociación opcional en el dominio*.

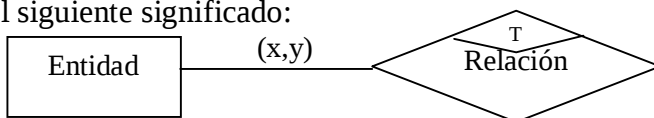
Asociación uno obligatorio a uno opcional

Asoci11_01
Asoci01_01
dom AI = E ₁

El esquema establece asociaciones entre entidades, con cardinalidad uno obligatorio a uno opcional. Se define una *asociación opcional en el codominio*.

3.3.5.2. Restricciones de cardinalidad de asociaciones temporalizadas

En las situaciones en que el conjunto de asociaciones es *temporalizada*, las restricciones de cardinalidad tienen el siguiente significado:



Simbología	Cardinalidad	Descripción
(0,1)	Mínima cero y máximo uno	Una instancia de una entidad puede no participar en una asociación; si participa, se limita a lo máximo a una ocurrencia en cada punto de tiempo.
(0,M)	Mínimo cero y máximo M	Una instancia de una entidad puede no participar en la asociación, o puede participar más de una vez en cada punto de tiempo.
(1,1)	Mínimo uno y máximo uno	Una instancia de una entidad participa a lo mínimo una vez y al máximo una vez en la asociación, en cada punto de tiempo.
(1,M)	Mínimo uno y máximo M	Una instancia de una entidad participa a lo mínimo una vez en la asociación, pudiendo participar muchas veces en cada punto de tiempo.

Cuadro No. 3. Descripción de las restricciones de cardinalidad temporalizadas.

En el siguiente esquema se define una asociación temporalizada entre entidades, sin restricciones.

TAsoci
E ₁ : $\mathbb{F}$ Oid
E ₂ : $\mathbb{F}$ Oid
AT : (Oid $\times$ Oid) $\leftrightarrow$ Punto_Tiempo
($\forall$ t : ran AT
• (let AI == AT$\sim$ $\langle\{t\}\rangle$ • Asoci))

Para cualquier punto de tiempo que pertenezca al rango de la asociación temporalizada, se cumplen las propiedades de una asociación intemporal.

Los esquemas para restricciones de cardinalidad de asociaciones temporalizadas son semejantes a los esquemas de restricciones para asociaciones no temporalizadas. Se usan nombres de la forma *TasociXX_YY* en lugar de *AsociXX_YY*, donde XX y YY son las cardinalidades de participación de las entidades relacionadas. Se referencian de forma similar a los esquemas definidos en la sección anterior.

Mostramos como ejemplo el caso del esquema de restricción de cardinalidad de tipo uno opcional a uno opcional:

$\frac{\text{Asoci01_01}}{\text{TA soci}}$ $(\forall t : \text{ran AT}$ • (let AI == AT~ ({t}) • Asoci01_01))
--

Obsérvese que la propiedad de cardinalidad (*Asoci01_01*) se cumple en cada punto de tiempo en que está definida la asociación temporal.

4. Conclusión

En este artículo se ha presentado resumidamente un meta-modelo para el modelo entidad-asociación temporalizado TempER-Tr, que formaliza sus conceptos principales y establece las bases de una biblioteca de esquemas genéricos empleada en la técnica TempER-Z, útil para la especificación de sistemas de información temporalizados.

El meta-modelo está basado en conjuntos de puntos de tiempo y permite realizar descripciones precisas de los aspectos temporales de un sistema. Esto permite razonar sobre sus propiedades antes de proceder a su diseño o construcción.

Modelamos el tiempo como un tipo dado, del cual no se conocen su estructura ni otras propiedades (aunque se axiomatiza la consecutividad de los puntos de tiempo). La descripción de simplificaría si se modela el tiempo como un tipo numérico. En este caso *before* sería simplemente $<$.

El desarrollo del meta-modelo nos permitió extendernos en la conceptualización del modelaje temporal y determinar características importantes del modelo TempER que no se especifican en [Antunes 1996].

En [Montes 2000] se pueden encontrar detalles completos del meta-modelo formal – en particular las operaciones que describen la manipulación del esquema conceptual y de los datos –, la biblioteca de esquemas genéricos [Montes 2000a] y su aplicación en un caso de estudio [Montes 2000b].

Bibliografía

- [Antunes 1996] Antunes, Dante Carlos; *Modelagem Temporal de Sistemas: uma Abordagem Fundamentada em Redes de petri* (Modelaje Temporal de Sistemas: Una metodología Fundamentada en Redes de Petri); Tesis, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul; 1996.
- [Antunes 1997a] Antunes, Dante Carlos; Heuser, Carlos A; Edelweiss, Nina; *TempER: uma abordagem para modelagem temporal de banco de dados* (TempER: un enfoque para modelaje temporal de bases de datos); Revista de Informática Teórica e Aplicada; Volumen VI; Número 1; Agosto 1997.
- [Antunes 1997b] Antunes, Dante Carlos; Heuser, Carlos A; Edelweiss, Nina; *TempER: Modelagem temporal de transações em banco de dados* (Modelaje temporal de transacciones en bases de datos); 1997.
- [Montes 2000] Montes López, María Lourdes; *Especificación formal de sistemas de información temporalizados*; Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica; 2000.
- [Montes 2000a] Montes López, María Lourdes; Trejos Zelaya, Ignacio; *Especificación formal de sistemas de información temporalizados: TempER-Z*; 2000.
- [Montes 2000b] Montes López, María Lourdes; Trejos Zelaya, Ignacio; *Especificación formal de un sistema de información temporalizado*; 2000.
- [Spivey 1992] Spivey, J. Michael; *The Z Notation: A Reference Manual*, 2nd. Ed.; Prentice-Hall; 1992.