

ción de la base de datos utiliza la programación orientada por objetos [24], [6], [26].

- *Modelo de datos documental*: es un modelo para la organización de información documental no estructurada o semiestructurada; se le conoce como sistemas de bases de datos orientados a la documentación [27].
- *Modelo del tipo entidad-atributo-valor*: este modelo conserva uno de los núcleos principales respecto al modelo entidad relación, el concepto de entidad; con la característica de que para este caso la cantidad de atributos en sus especificidades de identidad del atributo, definición de atributo (numérico o no numérico, entre otros), sus parámetros y valores son potencialmente grandes en su número; pero el número de atributos que participan en un proceso de gestión de la información para una entidad dada no es tan grande.
- *Modelo de esquema en estrella*: es el conjunto de una o más tablas de hechos que contienen informaciones relativas a las medidas, métricas o datos representativos de las acciones de un proceso de negocios en la cuales se toman se toman decisiones inteligentes con fundamento en el esquema [28].

Con base en los diferentes tipos de modelos que soportan el diseño lógico de la base se profundizará en el Modelo Entidad-Relación, por su importancia y utilización en el diseño lógico-conceptual de sistemas de bases de datos; y también por la facilidad para transformar el diseño de la base de datos del ME-R al Modelo Relacional.

### 2.6.1 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS A TRAVÉS DEL MODELO ENTIDAD-RELACIÓN (M E-R)

Teniendo en cuenta los niveles de la arquitectura ANSI-SPARC, el nivel externo representa la parte lógica del sistema de base de datos en sus vistas a los usuarios finales de la base de datos, sean estos con perfiles de conocimiento informático o no informático. Por su parte, el segundo nivel de la arquitectura mencionada a nivel conceptual se puede interpretar como un puente de comunicación entre el nivel externo (la lógica del sistema) y el nivel interno (la física del sistema).

Luego para el diseño del nivel conceptual de la base de datos se aplicará el Modelo Entidad-Relación; conceptualización que es aplicable a cualquier tipo de base de datos, sea esta de naturaleza del tipo jerárquica, red o relacional, etc. Lo anterior justificado por el hecho de que en la etapa de diseño conceptual de la base de datos aún no se tiene definido concretamente el gestor de la base de datos que se va a utilizar.

La justificación de utilizar el M E-R en el diseño conceptual de base de datos es la siguiente:

- Este modelo interactúa de una forma lógica con la primera etapa del diseño de la base de datos, la de análisis de contexto de la base de datos.
- El M E-R es simple y legible en la conceptualización de bases de datos, por su facilidad para representar las componentes del modelo a través de sencillos gráficos entendibles al usuario.
- Por su simplicidad y legibilidad, este modelo es fácil de aprender y utilizar rápidamente por los diseñadores de la base de datos, con el valor agregado adicional en productividad que se emplea en el diseño de la mayoría de las aplicaciones.
- Existen en el mercado herramientas informáticas tanto públicas como propietarias que facilitan la utilización del M E-R, como es el caso del producto DIA (*Diagram Editor*), que es libre, o las herramientas CASE, que utilizan variantes del M E-R para hacer el diseño conceptual del modelado de datos.
- La notación gráfica del modelado de datos utilizando el M E-R es base para el modelamiento orientado por objetos, identificado con UML por sus siglas en inglés (*Unified Modeling Language*) de Booch [29].
- El M E-R permite reflejar en el diseño tanto la estructura de los datos como su integridad; como este modelo no refleja la manipulación de los datos al convertir el diseño conceptual diagramático al Modelo Relacional, esto permite una mejor aproximación a los procesos de manipulación de los datos en cuanto a su manipulación.

#### 2.6.1.1 Constructos básicos del modelo Entidad-Relación según la notación de P. Chen

El modelado conceptual de una base de datos a través del Modelo Entidad-Relación tiene tres constructos principales:

- Las entidades.
- Los atributos de las entidades.
- Las relaciones.

Una **entidad** es un objeto identificable y diferenciable de los demás de su especie; en tal sentido se catalogan como objetos: organizaciones, personas, conceptos, categorías, lugares o situaciones, los cuales se identifican en el contexto de un sistema de información como una entidad tipo o un tipo de entidad. Formalmente, el tipo de entidad es *Un grupo de objetos con las mismas propiedades que la empresa identifica como poseedores de una existencia independiente* [6]. Tipos de entidades que se pueden instanciar, siendo la instancia de una entidad *Un objeto identificable de forma unívoca dentro de un tipo de entidad* [6]. Se identifican como entidades: un alumno en un Sistema de Información Académico; un artículo en un Sistema de Inventarios; una cuenta en un Sistema Bancario.

Es de la mayor importancia resaltar que el diseño de entidades de un sistema de información en el marco del M E-R no se hace de forma intuitiva, sino que requiere de una metodología formal que asegure la correcta identificación y selección de las entidades que cumplen con responder a los requerimientos de información del usuario; metodología que será desarrollada en este capítulo.

Los **atributos de una entidad** son las propiedades sintáctico-semánticas que como datos específicos y pertinentes a la entidad la identifican y definen como elementos que son almacenados en la base de datos. Las propiedades enunciadas son base para los sistemas basados en conocimiento [30]. Con relación a los sistemas antes mencionados, los atributos propios de las entidades ejemplificadas se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Definición de atributos de entidades de Sistemas de Información

Sistema de Información Académicos		Sistema de Inventarios		Sistema Bancario	
Entidad	Atributos	Entidad	Atributos	Entidad	Atributos
ALUMNO	Código	ARTÍCULO	Referencia	CUENTA	Número de cuenta
	Nombre		Nombre		Propietario
	Dirección		Valor de compra		Saldo anterior
	Teléfono		Proveedor		Movimiento
	E_mail		Stock		Saldo actual
	Sexo				
	Promedio				

Por su parte, una **relación** puede ser definida como el grado de asociatividad entre una o varias entidades que se pueden instanciar como objetos dentro de una base de datos, y son significativas sintáctica y semánticamente para el contexto de operación del sistema que soporta la base de datos. Conceptualmente, la instancia de una relación se define como *Una asociación identificable de forma unívoca que incluye una instancia de cada uno de los tipos de entidad participantes* [6].

La utilización del M E-R en el diseño de bases de datos requiere de una simbología gráfica, la cual es base para el diseñador en sus símbolos de apoyo para capturar el modelamiento del sistema de información a través del modelo de bases de datos mencionados. Es de la mayor importancia aclarar que existen simbologías o notaciones alternas del M E-R; entre ellas están la notación de P. Chen o la de pie de cuervo, entre otras.

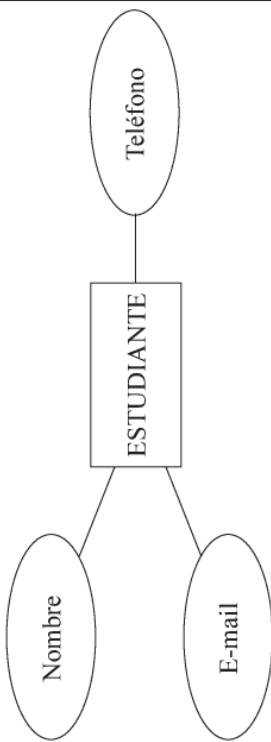
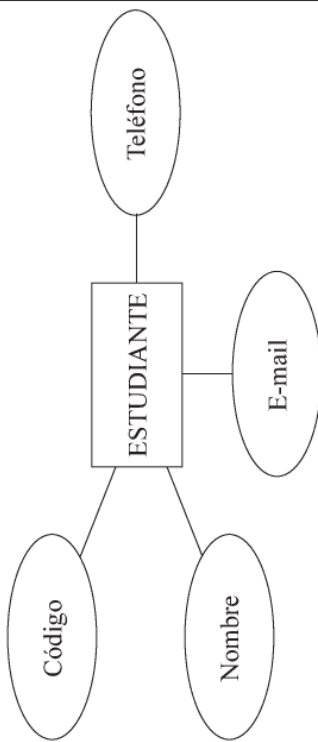
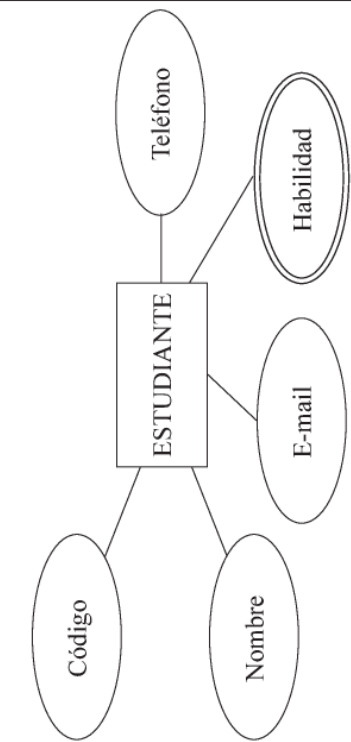
El modelado gráfico Entidad-Relación según la notación de Peter Chen se presenta en la tabla 2.2. La simbología del Modelo Entidad-Relación, de acuerdo con pie de cuervo, se presenta en la tabla 2.3.

Tabla 2.2 Simbología del modelo Entidad-Relación, de acuerdo con la notación de P. Chen

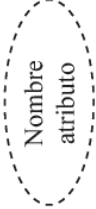
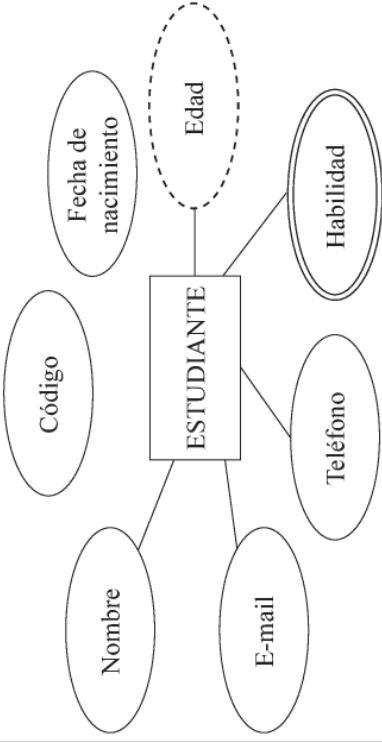
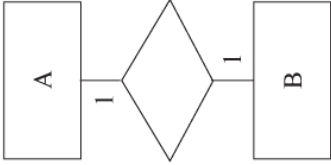
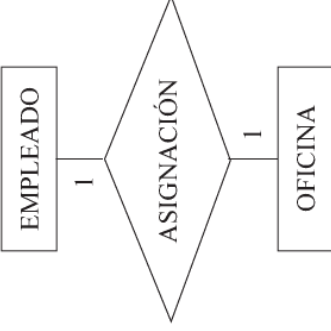
Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
Nombre de la Entidad	Entidad Fuerte	Tienen atributos que las identifican completamente a través de sus claves primarias.	ESTUDIANTE es una entidad en un Sistema Académico.	ESTUDIANTE
Nombre de la Entidad Débil	Entidad Débil	Aquella cuyos atributos no la identifican completamente.	La UBICACIÓN de la entidad OFICINA depende de la entidad EDIFICIO para su ubicación en un Sistema de Planta Física de una Universidad.	EDIFICIO — UBICA — OFICINA
	Relación	Asocia una o varias entidades.	La entidad ESTUDIANTE está relacionada con la entidad ASIGNATURA en su matrícula en un Sistema Académico.	ESTUDIANTE — MATRICULA — ASIGNATURA
	Relación asociada con una entidad débil.		La UBICACIÓN de la entidad SALÓN depende de la entidad EDIFICIO para su ubicación en un Sistema de Planta Física de una Universidad.	EDIFICIO — UBICA — SALON
Relación Recursiva en la cual se indica el nombre del rol de la entidad en la relación.		Es una relación en la que alguna entidad está asociada más de una vez.	En la relación TRIPULACIÓN, la entidad PERSONA se asocia más de una vez con los roles Piloto y Azafata.	PERSONA — PILOTO — AZAFATA — TRIPULACIÓN

Continúa...

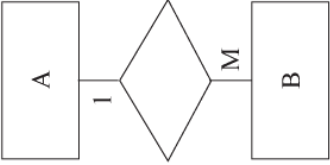
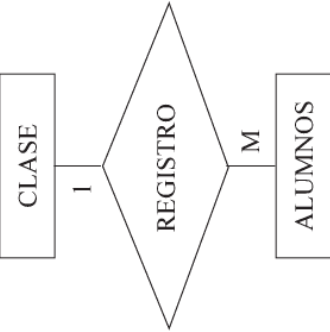
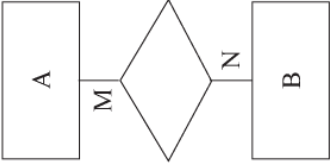
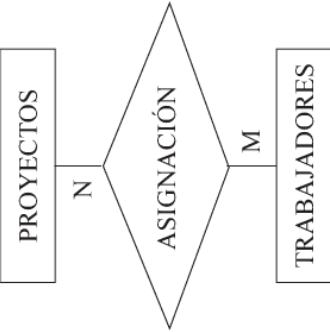
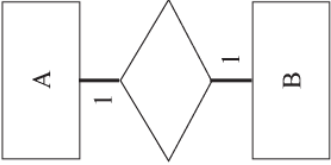
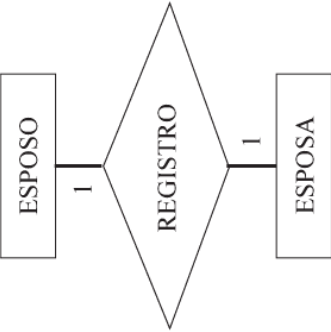


Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
Nombre atributo	Atributo	Se utiliza para identificar un atributo de una entidad.	La entidad ESTUDIANTE en un Sistema Académico tiene como atributos: (Nombre, E_mail, Teléfono)	
Nombre atributo	Atributo de clave principal	Se utiliza para identificar la clave principal de una entidad.	La entidad ESTUDIANTE en un Sistema Académico tiene como atributos: ( <u>Código</u> , Nombre, E_mail, Teléfono) y se identifica completamente con la llave primaria <u>Código</u> en un Sistema Académico.	
Nombre atributo	Atributo multivaluado	Es aquel que tiene más de una ocurrencia para un determinado valor de una clave.	A la entidad ESTUDIANTE en un Sistema Académico se le puede agregar el atributo "habilidad". ( <u>Código</u> , Nombre, E_mail, Teléfono, habilidad), Donde "habilidad" puede tomar los valores de lectura, de escritura, de razonamiento abstracto.	

*Continúa...*

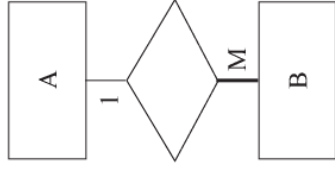
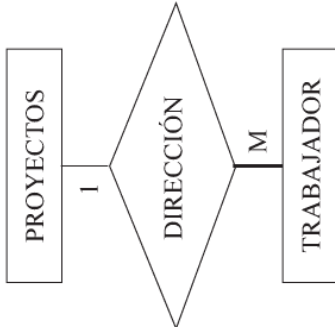
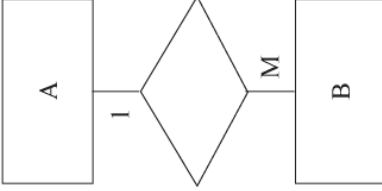
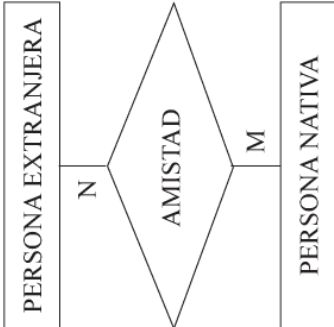
Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Atributo derivado	Es aquel atributo que se puede derivar de otros atributos o entidades relacionadas.	<p>A la entidad ESTUDIANTE en un Sistema Académico, con los atributos mencionados en el ejemplo anterior es posible agregarle los atributos de fecha_nacimiento y edad; donde "edad" se deriva de la fecha_actual – fecha_nacimiento.</p> <p>(Código, Nombre, E_mail, Teléfono, habilidad, fecha_nacimiento),</p> <p>Donde "habilidad" puede tomar los valores de lectura, de escritura, de razonamiento abstracto.</p>	
	Relación uno a uno (1:1)	Es la relación que existe entre dos entidades, A y B, cuyo número de ocurrencias es solo una al estar relacionadas entre sí.	<p>En un sistema de asignación de planta física de una organización hay una relación entre el empleado y la oficina, la cual se asigna al trabajador para la atención al usuario.</p> <p>Luego, 1 empleado puede atender en 1 y solo una oficina.</p>	

Continúa...

Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Relación de uno a muchos (1:M)	Es la relación que existe entre la entidad A y la entidad B, con la característica de que en la A hay solo una (1) ocurrencia y en la B hay varias (M) ocurrencias.	En un Sistema de Registro Académico, una (1) clase tiene varios (M) alumnos. Luego, la relación de registro a la clase es de 1 a varios, o de 1 a M.	
	Relación de muchos a muchos (M:N)	Relación existente entre dos entidades, A y B, donde el número de ocurrencias de ambas pueden ser muchos.	En una organización que trabaje por proyectos existen N proyectos en curso, los cuales son atendidos por M trabajadores. Por lo tanto, la relación de asignación de proyectos a trabajadores es N:M, y de trabajadores a proyectos es M:N.	
	Relación (1:1) con participación obligatoria de ambas entidades	Es la relación que existe entre la entidad A y la entidad B, con la característica de que para una ocurrencia de la entidad A necesariamente debe existir una ocurrencia de la entidad B.	En un sistema de registros matrimoniales entre parejas de diferente sexo necesariamente debe existir el rol de esposo (hombre), diferente del rol de esposa (mujer). Luego, en este caso es una relación (1:1), en la cual necesariamente debe existir una ocurrencia de las dos entidades.	

Continúa...



Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Relación (1:M) con participación opcional para la entidad A	Se define como la relación entre las entidades A y B, en la cual la participación de una de ellas es opcional y la de la otra es obligatoria.	En una organización que trabaje por proyectos, si existe 1 proyecto en curso, el cual es atendido por M trabajadores, si se analiza la relación dirección de los proyectos, entonces la entidad "trabajador" es obligatoria, mientras que la entidad "proyecto" es opcional. Luego, no se puede tener un proyecto sin director; pero la entidad "proyecto" es opcional en la relación "dirección".	
	Relación (1:M) con participación opcional de ambas entidades	Es la relación entre las entidades A y B, en la cual es opcional la participación de ambas entidades.	En el análisis de la relación amistad entre amigos en las redes sociales no todas las personas de un país extranjero son amigas de todas las personas de un país nativo. Luego, algunas personas extranjeras son amigas de algunas personas nativas; luego se tiene la opcionalidad de la participación de las dos entidades.	

Continúa...

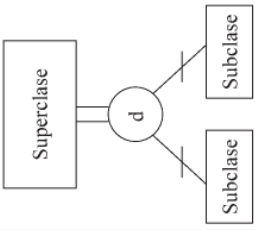
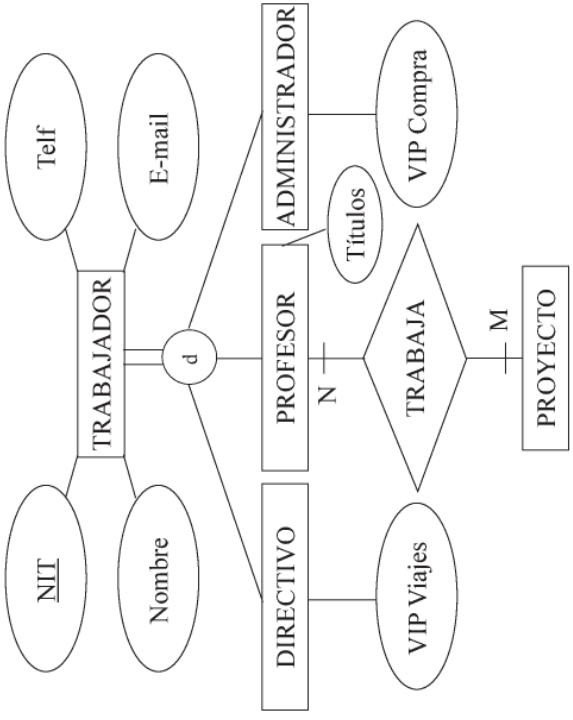
Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Generalización / Especialización (G/E)	<p>La G/E permite modelar una entidad Superclase, la cual se puede especializar en subclases.</p> <p>Superclase: modela lo genérico o los atributos comunes de la entidad.</p> <p>Subclase: modela las características propias o especializadas de la entidad.</p> <p>d: define una relación disyunta.</p> <p>o: define una relación no disyunta o total.</p> <p>La doble línea es una participación obligatoria, mientras que una línea simple es una participación opcional.</p>	<p>Suponga un Sistema Universitario de trabajadores, dividido en tres áreas organizacionales: Directivos, Profesores y Administradores.</p> <p>La superclase TRABAJADOR tiene los atributos: Nit, Nombre, Tel., E_mail.</p> <p>Las subclases son Directivos, Profesores y Administradores.</p> <p>El directivo tiene asignada una tarjeta de viajes VIP.</p> <p>El profesor debe tener títulos de especialización, maestría y doctorado; y en la relación trabaja tiene que trabajar simultáneamente en varios proyectos académicos, de investigación y de consultoría.</p> <p>El administrativo tiene asignada una tarjeta VIP pero para compra.</p>	



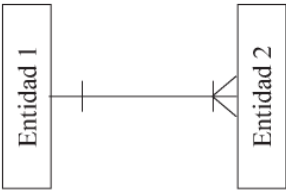
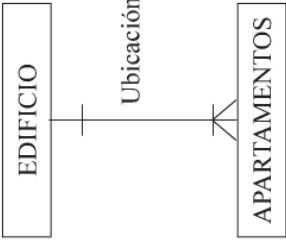
Tabla 2.3 Simbología del modelo Entidad-Relación de acuerdo con pie de cuervo

Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
<div>Nombre de la Entidad</div>	Entidad	Es un objeto singular identificable y diferenciable que pertenece a un sistema de información.	SUCURSAL es una entidad identificable y diferenciable en un Sistema Bancario.	<div>SUCURSAL</div>
<div>Nombre de la relación</div>	Relación	Es el grado de asociación entre un conjunto de entidades.	A una (1) SUCURSAL pertenecen varios (n) clientes en un Sistema Bancario.	<div>SUCURSAL</div> <div>Pertenecen</div> <div>CLIENTES</div>
<div><div>Rol</div><div>Nombre de la Entidad</div><div>Rol</div></div>	Relación Recursiva	Es una relación en la que alguna entidad se asocia más de una vez. En la relación se especifica el nombre del rol, con el fin de identificar los roles que participan en la entidad a través de la relación.	En la relación MATRIMONIO, la entidad PERSONA tiene dos roles: el ESPOSO y la ESPOSA.	<div>Matrimonio</div> <div>Esposo</div> <div>Esposa</div> <div>PERSONA</div>

Continúa...

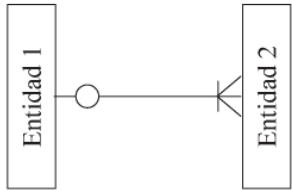
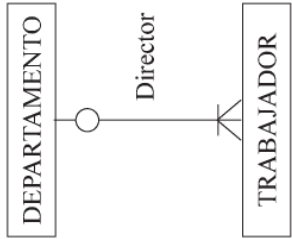
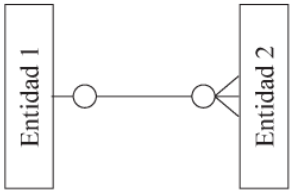
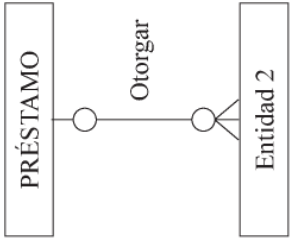
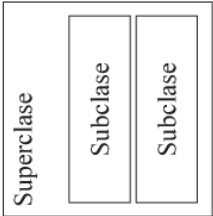
Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
<div>Nombre de la Entidad</div> <div>           Nombre atributos            Atributo 1            Atributo 2            Atributo 3            ...            Atributo n         </div>	Atributos	Son las características sintácticas y semánticas que identifican a una entidad. Los atributos se denotan a nivel numerado en la sección inferior del símbolo de la entidad. La clave primaria se subraya, y si los atributos son multivaluados, se incluyen entre llaves {}.	La entidad CUENTA en un sistema contable tiene como atributos: (Código_Cuenta, Saldo_Anterior, Movimiento, Saldo_Actuar).	<div>CUENTA</div> <div>           Código Cuenta            Saldo_Anterior            Movimiento            Saldo_Actuar         </div>
<div>_____</div>	Relación uno a uno	Relación en la cual el grado de interrelación entre las entidades en su cardinalidad es 1 a 1.	En la relación de identidad de las entidades PERSONA y PASAPORTE, una persona es propietaria de un pasaporte, mientras que un pasaporte pertenece a una persona.	<div>PERSONA</div> <div>Identidad</div> <div>PASAPORTE</div>
<div> <div>Y</div> <div>_____</div> </div>	Relación de uno a muchos	Es una relación en que el grado de cardinalidad entre las dos relaciones es de uno a muchos. La relación del lado de muchos se presenta con varios bifurques, y de ahí el nombre de notación pie de cuervo.	En una empresa de producción cuyo modelo de trabajo por PROYECTOS, la relación de ejecución de un PROYECTO está a cargo de varios EMPLEADOS.	<div>PROYECTO</div> <div>Ejecución</div> <div>EMPLEADOS</div>

Continúa...

Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Relación de varios a varios	Es aquella relación en la que una entidad está interrelacionada con varios elementos de una segunda entidad; pero, a su vez, los varios elementos de la segunda entidad están interrelacionados con varios elementos de la primera entidad.	En la relación Asesoría en un sistema universitario de seguimiento de estudiantes varios profesores atienden a varios estudiantes, y a su vez, varios estudiantes son atendidos por varios profesores.	
	Relación de uno a muchos con participación obligatoria de ambas entidades	Es una relación entre dos entidades con cardinalidad varios, en la que necesariamente ambas entidades deben estar presentes en la relación.	Es un sistema de organización urbana de condominios compuesto por varios edificios, un (1) EDIFICIO como entidad de un condominio tiene varios (n) APARTAMENTOS en la relación de ubicación de los apartamentos que pertenecen a los edificios del condominio. Luego, si no existe el edificio no hay apartamentos; pero, consecuentemente, los apartamentos necesariamente deben pertenecer a un edificio.	

Continúa...



Símbolo	Significado	Concepto	Ejemplo	Simbología
	Relación uno a muchos, en la que la primera entidad es opcional y la segunda es obligatoria.	Es una relación en la que la primera entidad puede existir si como mínimo existe una segunda entidad. En este caso se dice que esta segunda entidad es obligatoria, mientras que la primera es opcional.	En un sistema de producción departamentalizado existe la entidad DEPARTAMENTO y a cada uno de los departamentos está adscrito un grupo de entidades que son los TRABAJADORES.  En la relación Dirección no hay un departamento sin DIRECTOR; luego la entidad DEPARTAMENTO es opcional.	
	Relación de uno a muchos con participación opcional de ambas entidades	Relación en la que tanto la primera como la segunda entidad son opcionales, en la relación uno referida a la primera y muchos con relación a la segunda.	En un Sistema Universitario con existencia de una cooperativa que ofrece préstamos a sus empleados, en la relación OTORGAR un PRÉSTAMO, a los EMPLEADOS que pueden haber solicitado un préstamo; pero no todos los empleados tienen préstamo. Luego ambas entidades son opcionales en la relación 1 a n.	
	Generalización/ Especialización	Es la representación encapsulada, para denotar la generalización/especialización en una base de datos.	Un sistema hospitalario tiene la entidad EMPLEADO como superclase, y los empleados están categorizados en subclases Especialistas, Médicos y Enfermeras.	