

Jorge LOBO *

RESUMEN

Este trabajo esboza un formalismo para interpretar un subconjunto de frases en Castellano para interrogar una Base de Datos. El formalismo permite describir las dependencias que existen en una frase entre su semantica y su sintaxis, las diferentes jerarquias posibles entre sus componentes y la ambigüedad.

ABSTRACT

This paper sketches a formalism for interpreting a subset of Spanish for querying data bases. This formalism allows us to describe the relationship between semantics and syntax in a sentence, the hierarchy of its various parts and ambiguity.

*Ingeniero en Computacion (USB 83); programacion en Logica, Demostracion automatica, tratamiento de lenguaje natural, Inteligencia Artificial. Departamento de Matematicas y Ciencia de la Computacion, Universidad Simon Bolivar, Apartado 80659, Caracas, Venezuela.

Gran variedad de problemas se presentan cuando se intenta interpretar cualquier frase en lenguaje natural. Sin embargo fuertes restricciones se imponen naturalmente cuando una persona interroga una base de datos. Por ejemplo, el contenido semantico de sus preguntas estara limitado por el contenido de la base de datos.

En esta aplicacion, solo se intenta interpretar frases aisladas cuyo contexto venga determinado por la misma frase y la base de datos (muy probablemente no habran pronombres personales).

Se define un Modelo de Interpretacion, que sirve para darle significado a las preguntas dentro de la Base de Datos. Luego, esta interpretacion es usada para dar las respuestas a dichas preguntas.

Todos los ejemplos presentados estaran basados en el Castellano, sin embargo las ideas basicas pueden ser adaptadas en la interpretacion de otros lenguajes.

EL SUBCONJUNTO DEL LENGUAJE Y EL MODELO DE INTERPRETACION

LOS MUNDOS

Definicion1:

Sea $A = \{a, b, c, \dots, z\} \cup \{0, 1, 2, 3, \dots, 9\}$, y A^* el monoide libre generado por A , los atomos son los elementos de A^* $-\lambda = A^+$.

Definicion2:

El conjunto T de terminos de base es el subconjunto mas pequeno de $(A^+ \cup \{ '(', ') ' \})^+$ tal que:

- a) si $a \in A$ entonces $a \in T$
- b) si $a \in A$ y $t_1, t_2, \dots, t_n \in T$ para algun $0 < n$ entonces $a(t_1, t_2, \dots, t_n) \in T$.

Definicion3:

Sean nom , ard y arg funciones definidas como:

$$\text{nom}: T \rightarrow A^+$$

- i) si $t \in A^+$ entonces $\text{nom}(t) = t$
- ii) si $t = a(t_1, \dots, t_n)$ entonces $\text{nom}(t) = a$

$$\text{ard}: T \rightarrow \mathbb{N}$$

- i) si $t \in A^+$ entonces $\text{ard}(t) = 0$
- ii) si $t = a(t_1, \dots, t_n)$ entonces $\text{ard}(t) = n$

$$\text{arg}_t: \text{Ard}_t \rightarrow T, \quad \text{Ard}_t = \{n/ 1 < n < \text{ard}(t), t \in (T - A^+)\}$$

si $t = a(t_1, \dots, t_n)$ entonces $\arg(i) = t_i$

Definicion4:

Sea $O = \{D_1, \dots, D_n\}$ una familia de conjuntos no vacios de terminos en $(T - A^+)$. Los conjuntos D_i son llamados dominos de definicion y al conjunto O conjunto de objetos. Una relacion R es un conjunto de terminos que cumplen con las siguientes propiedades:

- a) $\forall t_1, t_2 \in R \quad \text{nom}(t_1) = \text{nom}(t_2)$
- b) $\forall t_1, t_2 \in R \quad \text{ard}(t_1) = \text{ard}(t_2)$
- c) $\forall t \in R \forall i \in \text{Ard}_t \exists K \in [1..n] \quad \arg_t(i) \in D_K$
- d) $\forall t_1, t_2 \in R \forall i \in \text{Ard}_{t_1} \exists K \in [1..n] \quad \arg_{t_1}(i) \in D_K \Rightarrow \arg_{t_2}(i) \in D_K$

Definicion5:

Un mundo M esta definido por la 2-upla $\langle O, R \rangle$ donde:

- i) O es un conjunto de objetos
- ii) $R = \{R_1, \dots, R_n\}$ una familia de relaciones definidas sobre O

Cada relacion no vacia R_i en R tiene un nombre asociado el cual esta dado por $\text{nom}(t)$, con $t \in R_i$.

Una Base de Datos es un Mundo cualquiera

EL LENGUAJE Y LAS CATEGORIAS SINTACTICAS

Dentro de una frase se pueden diferenciar grupos de palabras a las que se les asocia un nombre dependiendo del papel que juegan en una oracion. Por ejemplo, en la frase:

El perro mordio al policia

A "perro" y "policia" se les llama nombres comunes, a "El perro" sujeto, "al policia" complemento directo, "El perro mordio al policia" frase. Estos grupos se conocen como categorias sintacticas[ST077], y es sobre ellas que se hace la interpretacion. Notese que al interpretar todas las categorias sintacticas se esta interpretando las frases.

Aunque en general, decidir cuales son las categorias sintacticas es bastante simple, no hay una definicion precisa para ellas. Sin embargo existe un consenso en casi todo lenguaje para caracterizarlas (cosa que no sucede para los casos en las "case-grammar"[FILL68]). En los ejemplos aqui presentes se usaran categorias conocidas del Castellano.

EL SUBCONJUNTO DEL LENGUAJE

Definición6:

Art = { el, los, la, las, un, una, unos, unas,
 algun, alguno, alguna, alguno de los,
 alguna de las, algunas, algunos,
 todos los, todas las, ningun, ninguna,
 ninguna de las, ninguno de los }

Pre = { a, con, de, sobre, en, por, hasta }

Pro_rel = { que, donde, quien, quienes,
 el cual, los cuales }

Pro_int = { que, cual, cuales, cuanto, cuantos
 cuando, donde, quien quienes }

Ser = { x /x es una conjugacion del verbo ser }

Estar = { x /x es una conjugacion del verbo estar }

Haber = { x /x es una conjugacion del verbo haber }.

Definición7:

El conjunto VB de vocabulario basico es:

$VB = Art \cup Pre \cup Pro_rel \cup Pro_int \cup Ser \cup Estar \cup Haber.$

Definición8:

Los nombres comunes es un subconjunto finito NC de A+

Los adjetivos es un subconjunto finito AD de A+ tal que
 $NC \cap AD = \emptyset$

Los nombres propios es un subconjunto finito NP de A+ tal que
 $NC \cap NP = \emptyset, AD \cap NP = \emptyset.$

Los verbos es un subconjunto finito VE de A+ tal que
 $NC \cap VE = \emptyset, AD \cap VE = \emptyset, NP \cap VE = \emptyset.$

Aunque estos conjuntos estan definidos de manera general, ellos corresponden a las ideas intuitivas de nombres comunes, nombres propios, adjetivos y verbos de los cuales se usaran propiedades conocidas.

Definición9:

El conjunto VBD del vocabulario de la base de datos es:

$VBD = NC \cup AD \cup NP \cup VE$

El vocabulario es el conjunto V formado por

$$V = VB \cup VDB$$

La definicion del lenguaje se hace atraves de una gramatica libre del contexto ("context-free") [AH073] que "expresa" las categorias sintacticas. Una gramatica para algunas frases del castellano podria ser:

```

pregunta --> frase

frase --> "verbo"
      --> sujeto frase
      --> frase modificador
      --> frase comp_directo
      --> frase comp_indirecto
      --> frase mod_nombre

sujeto --> grupo_nominal

comp_directo --> grupo_nominal

comp_indirecto --> modificador

modificador --> "preposicion" grupo_nominal

mod_nombre --> grupo_nominal

grupo_nominal --> nombre
              --> grupo_nominal modificador

nombre --> "articulo" "nombre comun"
        --> "nombre propio"

```

Claramente esta gramatica define algunas frases del Castellano, pero incluye otras frases que no pertenecen. Por ejemplo: frases con dos sujetos o con dos complementos directos, no se verifican el genero y el numero, verbos intransitivos con complemento directo, etc. Estas restricciones o propiedades podran ser verificadas al momento de interpretar la frase y evitar que se reconozcan.

Definicion11:

Sea $G = \langle E, N, P, S \rangle$ una gramatica libre del contexto [AH073], sea $c \in E^+$, c es una categoria sintactica si:

$$S \xRightarrow{*} \alpha c \beta; \alpha, \beta \in (N \cup E)^*, c \in N \text{ y}$$

$$c \xRightarrow{*} c$$

LA SEMANTICA DE LAS FRASES

Se definira un lenguaje de formulas de primer orden; luego, a cada

frase se le asociara una formula de este lenguaje. Por ultimo, se le dara sentido a las frases dandole intepretacion a las formulas.

LAS FORMULAS DE PRIMER OREDEN

Definicion12:

- Sea V un conjunto infinito numerable de variables.
- Sea $CL = \{\neg, \vee, \wedge, \Rightarrow\}$ el conjunto de conectores logicos
- Sea $Q = \{\forall, \exists, \exists(+), \exists(n)\}$ el conjunto de cuantificadores

Definicion13:

El conjunto Tv de terminos es el subconjunto mas pequeno de $\langle A+ \cup \{', ', '\} \cup V \rangle^*$ tal que:

- i) si $v \in V$ entonces $v \in Tv$
- ii) si $t \in T$ entonces $t \in Tv$
- iii) si $a \in A+$ y $t_1, t_2, \dots, t_n \in Tv$ para algun $n \geq 1$ entonces $a(t_1, t_2, \dots, t_n) \in Tv$.

Definicion14:

Dado un conjunto $P \subseteq A+$, el conjunto F de las formulas es el subconjunto mas pequeno de $\langle P \cup Tv \cup CL \cup Q \rangle^+$ tal que:

- i) si $p \in P$ y $t_1, \dots, t_n \in Tv$ para algun $n \geq 0$ entonces $p(t_1, \dots, t_n) \in F$
- ii) si $f \in F$ entonces $\neg f \in F$
- iii) si $f_1, f_2 \in F$ entonces
 - $(f_1 \vee f_2) \in F$
 - $(f_1 \wedge f_2) \in F$
 - $(f_1 \Rightarrow f_2) \in F$
- iv) si $x \in V$, $f \in F$ y $q \in Q$ entonces $qx f \in F$.

Definicion15:

Sea $f \in F$, sea $x \in V$. Una ocurrencia de x en f es cualquier aparicion de la variable x en f .

Definicion16:

Sea g una formula de la forma $qx f$, con $x \in V$, $q \in Q$ y $f \in F$. f es el alcance del cuantificador q .

Definicion17:

Una ocurrencia de una variable x dentro de una formula f se dice ligada si ocurre dentro del alcance de un cuantificador.

Toda ocurrencia no ligada de una variable x en una formula se llamara libre.

LA INTENSION

Existe una estrecha relacion entre las categorias sintacticas y la gramatica que define al lenguaje. Haciendo uso de esa relacion, se define la intension de cada categoria sintactica por medio de una

extension de la gramatica "context-free" inicial, esta nueva gramatica se fundamenta en las gamaticas de metamorfosis definidas en [COL78]. La intension de una categoria sintactica es un termino en T_v .

Definicion18:

Sea $G = \langle E, N, P, S \rangle$ una garamatica "context-free", donde sus producciones estan numeradas. Se define una gramatica de intrpretacion como una 2-upla $\langle G', INT \rangle$, donde:

- i) $G' = \langle E', N', P', S' \rangle$
- ii) $E' = E$
- iii) Si $a \in N$ entonces $a(x) \in N'$,
con $x \in V$
- iv) Si $a \rightarrow A_1 \dots A_n$ es j-esima produccion en P
con $a \in N$, $A_i \in N \cup E$, $0 \leq i \leq n$, entonces
 $a(x) \rightarrow A_1 S_1 \dots A_n S_n$ $\{intension_j(S_1', \dots, S_n', x)\} \in P'$
donde
 - $x \in V$
 - $S_i = \lambda$ si $A_i \in E$
 - $S_i = (x_i)$ si $A_i \in N$, con $x_i \in V$
 - $S_i' = A_i$ si $A_i \in E$
 - $S_i' = x_i$ si $A_i \in N$
- v) $INT \subseteq T_v$, llamado intension de los terminos

Ejemplo:

Para la gramatica anterior, las reglas:

- (2) frase $\rightarrow$ sujeto frase
- (10) modificador $\rightarrow$ "preposicion" grupo_nominal

se transforman en

```
frase(x)  $\rightarrow$  sujeto(x1) frase(x2) {intension2(x1,x2,x)}
modificador(x)  $\rightarrow$  "preposicion"
                    grupo_nominal(x2)
                    {intension10("preposicion",x2,x)}
```

Definicion19:

Sea $t \in T_v$ y sea $INT \subseteq T_v$. t es valido en INT ssi $t \in INT$

Definicion20:

Sea una gramatica de interpretacion $\langle G', INT \rangle$, con $G' = \langle E', N', P', S' \rangle$; $A, B \in (E' \cup N')^+$

- $A \stackrel{0}{\sim} B$ ssi $A = B$
- $A \stackrel{1}{\sim} B$ ssi $u, v, s, t \in T_v^+$
- $A \stackrel{1}{\sim} uvs, v' \rightarrow t' \{R\} \in P', B = uts$
y existe sustitucion θ tal que:
 $v\theta = v', t\theta = t', y$
 $R\theta$ es valido en INT .

Definicion21:

El lenguaje generado por $\langle G', INT \rangle$ es

$$L(G', INT) = \{ x \in E^+ / S' \vdash^* x \}$$

En definitiva, lo que se intenta es asociar a cada categoria sintactica C una relacion $S \times S \dots \times S \times S$ donde cada S es la intension de una categoria sintactica que compone a C y S es la intension asociado a C.

Definicion22:

- i) el atomo none es una lista
- ii) si $t \in Tv$ y L es una lista entonces $lista(t, L)$ es uan lista.

Por comodidad se usara la notacion de listas definida para PROLOG[CL081]. (note que las listas pertenecen a Tv).

A continuacion se "define" un subconjunto de INT para la gramatica del ejemplo. Aqui, se mostrara como se pueden resolver algunos problemas de jerarquia en los componentes de las oraciones.

```
pregunta(X) --> frase(X1)
               {intension0(X1,X)}

frase(X) --> "verbo"
             {intension1("verbo",X)}
             --> sujeto(X1) frase(X2)
               {intension2(X1,X2,X)}
             --> frase(X) modificador(X)
               {intension3(X1,X2,X)}
             --> frase(X) comp_directo(X)
               {intension4(X1,X2,X)}
             --> frase(X) comp_indirecto(X)
               {intension5(X1,X2,X)}
             --> frase(X) mod_nombre(X)
               {intension6(X1,X2,X)}

sujeto(X) --> grupo_nominal(X1)
             {intension7(X1,X)}

comp_directo(X) --> grupo_nominal(X1)
                  {intension8(X1,X)}

comp_indirecto(X) --> modificador(X1)
                    {intension9(X1,X)}

modificador(X) --> "preposicion" grupo_nominal(X1)
                  {intension10("preposicion",X1,X)}
```

```

mod_nombre(X) --> grupo_nominal(X1)
                  {intension11(X1,X)}

grupo_nominal(X) --> nombre(X1)
                  {intension12(X1,X)}
                  --> grupo_nominal(X1) modificador(X2)
                  {intension13(X1,X2,X)}
nombre(X) --> "articulo" "nombre comun"
              {intension14("articulo","nombre comun,X)}
              --> "nombre propio"
              {intension15("nombre propio",X)}

```

ALGUNAS DEFINICIONES DE LAS RELACIONES DE INTENSION

```

intension0(Fr,For) ∈ INT ssi
  Fr = fr(verbo, Complementos, Lista)
  Verificando que la lista posea un sunconjunto minimo de
  Complementos para que la frase formada con el verbo tenga sentido
  For = una formula de primer orden obtenida a partir de Lista

intension1(verbo, Fr) ∈ INT ssi
  Fr = fr(verbo,Complementos,[])
  Donde complementos es una lista de los posibles sujetos o
  complementos que puede tener el verbo.

intension2(Suj,Frv,Frn) ∈ INT ssi
  Suj = suj(Nc,W,F,Art)
  Frv = fr(verbo,Complementos,Lista_vieja)
  Frn = fr(verbo,Complementos,Lista_nueva)
  Donde Lista_nueva es igual a la lista vieja incluyendo el termino
  suj(Nc,W,F,Art) si el nombre comun Nc puede ser sujeto del verbo y
  si el numero del sujeto coincide con el del verbo

intension7(Gn,Suj) ∈ INT ssi
  Gn = gn(Nc,W,F,Art,Lista_de_modificadores)
  Suj = suj(Nc,W,F1,Art)
  Donde F1 es una fromula de primer orden construida a partir la
  lista de modificadores la formula F, el nombre comun Nc y el
  artiulo Art.

intension12(Nom,X) ∈ INT ssi
  Nom = nom(Nc,W,F,Art)
  X = gn(Nc,W,F,Art,[])

intension13(Gn,Mod,X) ∈ INT ssi
  Gn = gn(Nc,W,F,Art, Lista_de_modificadores)
  Mod = mod(Pp,Nc1,W1,F1,Art1)
  Si el nombre comun Nc puedes ser modificado por el nombre comun
  Nc1 atraves de la preposicion Pp

```

$X = G_n$ agregando a la lista de modificadores el termino $\text{mod}(F_1, t)$, donde ocurre W y W_1 en t , $t \in T_v$. (Aqui t debe ser una tupla del Mundo)
 $W, W_1 \in V$

$\text{intension14}(\text{Art}, \text{Nc}, Z) \in \text{INT ssi}$
 El genero y el numero entre $X \in Y$ coinciden,
 $Z = \text{nom}(\text{Nc}, W, \text{true}, \text{Art})$
 con $W \in V$

$\text{intension15}(\text{Np}, X) \in \text{INT ssi}$
 $X = \text{nom}(W, \text{Np}, \text{true}, \text{el})$

Es importante notar que la construccion de la formula se puede retardar todo lo que se desee. En este caso, la formula asociada a un grupo nominal no se construye hasta tener todos los modificadores del nombre principal, esto permite hacer cualquier verificacion en el momento de decidir en que cuantificadores se traducen los articulos y cual va a ser su alcance. Todas las reglas propuestas en [PIQ82] e incluso otras mas poderosas pueden ser tratadas [LOB85].

Otro tanto se puede hacer al retardar la construccion de la formula asociada a un verbo. Ademas, definir la intension como relaciones permite darle distintos significados a una palabra [LOB85]. Esto ultimo, mas la ambigüedad de la gramatica permiten dar distintos significados a una frase, cosa comun en cualquier lenguaje natural.

Falta, por ultimo, definir la semantica de las formulas. Se trabajara con una logica de tres valores para poder soportar las presuposiciones falsas ("El Libro de Pedro es azul" es falso no implica que "El Libro de Pedro no es azul" sea cierto ya que Pedro pude no poseer ningun libro) [PIQ82] [KEE72]

La interpretacion de una formula es una funcion que indexada por un mundo da un valor de verdad:

$I_M: F \rightarrow \{\text{verdadero}, \text{falso}, \text{indefinido}\}$

Notacion:

$G\{v_1, \dots, v_n\}$ es una formula tal que su conjunto de variables libres es subconjunto de $\{v_1, \dots, v_n\}$.

Valores de Verdad:

"verdadero" se notara 1
 "falso" se notara 0
 "indefinido" se notara i

Notacion:

$B = \{1, 0, i\}$.

Definicion23:

no, and, or, e if son funciones definidas como:

$\text{no: } B \rightarrow B$
 $\text{and: } B \times B \rightarrow B$
 $\text{or: } B \times B \rightarrow B$
 $\text{if: } B \times B \rightarrow B$

$\text{no}[1] = 0, \text{no}[0] = 1, \text{no}[i] = i,$
 $\forall v \in B$
 $\text{and}[1, 0] = \text{and}[0, 1] = 0,$
 $\text{and}[i, v] = \text{and}[v, i] = i,$
 $\text{and}[1, 1] = 1,$
 $\text{or}[1, 0] = \text{or}[0, 1] = \text{or}[1, 1] = 1,$
 $\text{or}[i, v] = \text{or}[v, i] = i,$
 $\text{or}[0, 0] = 0,$
 $\text{if}[0, v] = \text{if}[i, v] = i,$
 $\text{if}[1, v] = v.$

Definicion24:

Sea $X \subseteq V$, $\theta \in T$, $g \in F$ y $\theta_{x,\theta}$ una funcion cualquiera de X en D .
 Sea $\{v_1, \dots, v_n\} \in X, 0 < n$.

$g[\theta/\{v_1, \dots, v_n\}]$ es la formula que resulta de sustituir toda
 ocurrencia libre de v_i en g por $\theta_{x,\theta}(v_i)$. $\theta_{x,\theta}$ es una sustitucion.

Definicion25:

Dado $g \in F$ y un mundo $M = \langle D, R \rangle$, siendo $D = \{D_1, \dots, D_n\}$.
 Sea $D = \bigcup_{i \in n} D_i$

- i) Si $g\{v_1, \dots, v_n\}$ es de la forma $p(t_1, \dots, t_n)$, $X = \{v_1, \dots, v_n\}$, con
 $p \in A+$ y $t_i \in T_v$ entonces
 si existe $\theta_{x,\theta}$ y una tupla t en R tal que
 $g[\theta/X] = t$
 entonces $I_M(g) = 1$
 sino $I_M(g) = 0$
- ii) Si $g = \neg f$, $f \in F$
 entonces $I_M(g) = \text{no}[I_M(f)]$
- iii) Si $g = f \wedge f'$, $f, f' \in F$ entonces
 $I_M(g) = \text{and}[I_M(f), I_M(f')]$
- iv) Si $g = f \vee f'$, $f, f' \in F$ entonces
 $I_M(g) = \text{or}[I_M(f), I_M(f')]$
- v) Si $g = f \Rightarrow f'$, $f, f' \in F$ entonces
 $I_M(g) = \text{if}[I_M(f), I_M(f')]$
- vi) Si $g = \forall x f$, $f \in F$ entonces
 si existe $\theta_{x,\theta}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) = 0$
 entonces $I_M(g) = 0$
 sino
 si existe $\theta_{x,\theta}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) = 1$
 entonces $I_M(g) = 1$
 sino $I_M(g) = i$
- vii) Si $g = \exists x f$, $f \in F$ entonces
 si existe $\theta_{x,\theta}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) = 1$
 entonces $I_M(g) = 1$

sino
 si existe $\theta_{[x]}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) = 0$
 entonces $I_M(g) = 0$
 sino $I_M(g) = i$

viii) Si $g = \exists(+)\text{f}$ entonces
 si existen $\theta_{[x]}, \theta'_{[x]}$ tales que
 $I_M(f[\theta/\{x\}]) = I_M(f[\theta'/\{x\}]) = 1$
 entonces $I_M(g) = 1$
 sino
 si existe $\theta_{[x]}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) \neq i$
 entonces $I_M(g) = 0$
 sino $I_M(g) = i$

ix) Si $g = \exists(n)\text{f}$, $n \in N$ entonces
 si existen $\theta_{[x]}, \dots, \theta_{[x]}^n$ sustituciones distintas
 tales que $I_M(f[\theta/\{x\}]) = 1$
 entonces $I_M(g) = 1$
 sino
 si existe $\theta_{[x]}$ tal que $I_M(f[\theta/\{x\}]) \neq i$
 entonces $I_M(g) = 0$
 sino $I_M(g) = i$.

Un modelo de interpretacion M es una 4-upla $\langle D, R, G, INT \rangle$ donde

$\langle D, R \rangle$ es un mundo

$\langle G, INT \rangle$ una gramatica de interpretacion.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Un desarrollo completo de las gramaticas de interpretacion estan en [LOB85]. Alli se presenta un ejemplo para un conjunto mas amplio del Castellano. Para definir la relacion de intension y la construccion de las formulas se siguieron las ideas presentes en [BAT84][McC82][DIK78][PER82]. Ademas, se esta desarrollando un sistema en PROLOG, como prototipo para probar las posibilidades y limitaciones del formalismo.

El retardo de las decisiones durante el analisis permite retardar el manejo de los errores hasta poseer la mayor informacion posible. Un manejo de errores, necesario en este tipo de aplicaciones debido a la imposibilidad de abarcar todas las frases del lenguaje natural (problema que se ha tratado poco hasta ahora) puede facilitarse con este enfoque.

AGRADECIMIENTOS:

Agradesco la colaboracion prestada por mi tutor Gerard Battani, quien ha guiado la tesis en que se inspira este trabajo, y a Maria Antonia Mozota por su interes y criticas sobre estas lineas.

BIBLIOGRAFIA

[BAT83] Gerard BATTANI

"Formalización de Lenguas Naturales en Lógica e Interrogación de Bases de Datos en Castellano", Reporte No. 83-21 Dpto. de Matemáticas y Ciencia de la Computación. Universidad Simón Bolívar (1983)

[CLO81] W. F. CLOCKSIN, C. S. MELLISH

"Programming in Prolog" Springer-Verlag (1981)

[COL78] Alain COLMERAUER

"Metamorphosis grammars"

in Lecture Notes in Computer Science No 63, Springer Verlag (1978)

[DIK78] Simon C. DIK

"Functional Grammar" North-Holland Linguistic Series (1978)

[KEE72] E. L. KEENAN

"On Semantically Based Grammar", Linguistic Inquiry vol.III,4 (Fall 1972) 413-459

[LOB85] J. Jorge LOBO

"Prototipo de un Sistema de Interrogación de Bases de Datos en Castellano", Tesis de Maestría en desarrollo, Universidad Simón Bolívar
Caracas (1985)

[McC82] Michael C. MCCORD

"Using Slots and Modifiers in Logic Grammars for Natural Language" Artificial Intelligence vol.18 (1982) pp. 327-367

[FER83] Fernando PEREIRA

"Logic for Natural Language Analysis" SRI International, Technical Note 275, (January 1983)

[PIQ82] Jean Francois PIQUE

"On a Semantic Representation of Natural Language Sentences" in Proceedings of The First International Logic Programming Conference, Marseille (1982) pp.215-223.

[STO77] Robert P. STOCKWELL

"Foundations of Syntactic Theory" Prentice-Hall (1977)