



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

21  
Lij

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGON"

"PERSPECTIVAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
APLICADA A LOS JUEGOS DE MESA"

**T E S I S**

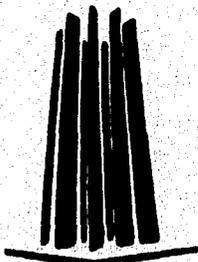
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN COMPUTACION**

**P R E S E N T A:**

Javier Jesús Espinosa Zúñiga

Asesor: Ing. Amilcar Monterrosa Escobar



MEXICO

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*" Por que Jehová da la sabiduría,  
y de su boca viene el conocimiento  
y la inteligencia. "*

*Proverbios 2 : 6*

*Gracias sean dadas a Dios, porque la conclusión de esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de aquel a quien se deben todas las cosas.*

*A Javier Espinosa Sangines, Mi Padre, quien con su ejemplo y enseñanzas me encamino en el sendero del bien.*

*A Maria de Lourdes Luñiga Carbajal, Mi Madre, quien con sus desvelos y oraciones siempre esta pendiente de mi.*

*A mis Hermanas Sarai y Mitzi, quienes me brindaron su apoyo siempre que lo necesite.*

*A mi Abuelita Agripina, quien siempre se ha preocupado por mi en todo momento.*

*A mis tias Maria Eugenia y Ruth, quienes siempre me apoyaron en lo moral con sus oraciones y en la practica con sus acciones. de igual manera a mis tios Vicente y Antonio.*

*A todos Mis Primos, a quienes no menciono por falta de espacio pero quienes también me apoyaron cuando lo necesite.*

*A mis compañeros y profesores de C.C.H. AZCAPOTZALCO, con quienes compartí la etapa más bonita de mi vida como estudiante.*

*A mis compañeros y profesores de la E.N.E.P. CAMPUS ARAGON, por todos los momentos alegres que vivimos juntos durante la etapa de nuestras vidas en la que nos forjamos como profesionistas.*

*Al Lic. Alejandro Montes de Oca Puzio, quien me brindó la oportunidad de trabajar con él y quien me dio todas las facilidades para materializar la presente tesis.*

*A todos mis compañeros de la D.S.C.F.I., quienes me animaron y apoyaron durante el proceso de realización de la presente tesis.*

*A todos aquellos que creyeron que podría lograr algo bueno en esta vida: espero no haberlos defraudado.*

*A ti, amable lector, me gustaría decirte lo siguiente: siempre hay algo y alguien por lo cual luchar, y para ello no basta con hacer lo posible, hay que intentar lo que parece imposible. que el miedo no te impida realizar tus sueños.*

*A todas las personas mencionadas anteriormente, solo quiero decirles:*

*Lo soñamos juntos,*

*Lo sufrimos juntos,*

*Luchamos juntos por lograrlo.*

*Ahora..... Lo disfrutamos juntos !*

# INDICE

INTRODUCCION	ix
--------------	----

## CAPITULO I CONCEPTOS SOBRE JUEGOS DE MESA

IMPORTANCIA DE LOS JUEGOS DE MESA PARA EL SER HUMANO	13
---	----

CLASIFICACION DE LOS JUEGOS	24
-----------------------------	----

CONSIDERACIONES RESPECTO AL INTELLECTO Y LOS JUEGOS DE MESA	39
--	----

JUEGOS DE MESA INTERESANTES PARA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	45
---	----

## CAPITULO II RELACION ENTRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS JUEGOS DE MESA

CONCEPTOS SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	62
---	----

ORIGEN Y DESARROLLO DE LA I.A.	65
--------------------------------	----

ENFRENTAMIENTOS MAQUINA-HOMBRE Y MAQUINA-MAQUINA EN JUEGOS DE MESA	80
---	----

DEFINICIONES BASICAS DE I.A.	89
------------------------------	----

<b>AREAS DE INVESTIGACION DE LA I.A.</b>	<b>94</b>
<b>CONSIDERACIONES SOBRE LA RELACION INTELIGENCIA ARTIFICIAL - JUEGOS DE MESA</b>	<b>98</b>

### **CAPITULO III LOS JUEGOS DE MESA: UN CAMPO AUN NO AGOTADO POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

<b>ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA DE JUEGOS DE MESA</b>	<b>103</b>
<b>IMPACTO DE LOS JUEGOS DE MESA EN OTRAS AREAS DE LA I.A.</b>	<b>115</b>
<b>IMPACTO SOCIAL DE LOS LOGROS DE LA I.A. EN JUEGOS DE MESA</b>	<b>118</b>
<b>¿LA COMPUTADORA, SUSTITUTO DEL HOMBRE?</b>	<b>118</b>
<b>EL AJEDREZ: EL MAYOR RETO EN JUEGOS DE MESA PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL</b>	<b>120</b>

### **CAPITULO IV DIFICULTADES PRACTICAS DE IMPLANTAR UN JUEGO DE MESA EN COMPUTADORA**

<b>DESCRIPCION DEL JUEGO DE MESA A IMPLANTAR</b>	<b>131</b>
<b>ETAPA DE ANALISIS</b>	<b>133</b>

<b>ETAPA DE DISEÑO</b>	<b>138</b>
<b>ETAPA DE CODIFICACION</b>	<b>160</b>
<b>ETAPA DE DEPURACION Y PRUEBA</b>	<b>181</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>184</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>189</b>
<b>APENDICE</b>	<b>193</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>204</b>



## INTRODUCCION

Los Juegos de Mesa han sido siempre objeto de estudio y curiosidad para el hombre porque, además de entretenerle en sus ratos de ocio, le dan la oportunidad de ejercitar su mente mediante la práctica del pensamiento lógico y ordenado sobre todo en el caso de ciertos Juegos de Mesa como el Ajedrez y las Damas.

Para el caso de la Inteligencia Artificial, se tiene que los Juegos de Mesa han sido y seguirán siendo objeto de numerosas investigaciones debido a una poderosa razón: representan un campo idóneo para la aplicación de algoritmos y técnicas que implantados en computadora permitan simular procesos mentales propios del ser humano, lo cual representa el principal objetivo que persigue la Inteligencia Artificial. En efecto, los Juegos de Mesa representan un campo fértil a la Inteligencia Artificial porque a pesar de que la gran mayoría de ellos -como el Ajedrez, las Damas, el Backgammon, el Go y muchos otros- son de origen milenario y han sido practicados por el hombre durante siglos aún no han podido ser implantados mediante un programa de computadora para que éste "juegue" de manera similar a como lo hace una persona. Esta situación bien podría cambiar en un futuro no muy lejano a raíz de un suceso histórico: la primera victoria de una computadora (Deep Thought) sobre un campeón mundial de Ajedrez (Gary Kasparov) en 1996. Y este no es el único caso: ya desde 1978, año en que el programa BKG-9 arrebató el campeonato mundial de Backgammon a Luigi Villa, se vislumbraba un gran avance de la Inteligencia Artificial en Juegos de Mesa.

De las anteriores razones, aunado a la inquietud que siempre he tenido sobre Juegos de Mesa, surge la idea de realizar mi proyecto de tesis enfocado a este campo como una manera de vincular un área de interés personal y de aplicación práctica con los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería en Computación. Dado que la gama de Juegos de Mesa existentes es muy amplia delimité el tema de estudio de la siguiente manera: sólo se abarcará a lo largo del presente trabajo de tesis los dos Juegos de Mesa más conocidos y de mayor interés a la Inteligencia Artificial: me refiero al Ajedrez y las Damas.

La hipótesis del presente trabajo de tesis es la siguiente:

**" Si los Juegos de Mesa son la expresión de ciertos procesos mentales, entonces constituyen un campo que ofrece perspectivas interesantes al desarrollo de la Inteligencia Artificial. "**

El objetivo general del presente trabajo de tesis, que se desprende de la hipótesis anterior, es el siguiente:

**" Mostrar que los Juegos de Mesa, al expresar procesos mentales propios del ser humano, son un campo de aplicación ideal para el desarrollo de la Inteligencia Artificial. "**

Los objetivos particulares derivados del objetivo general anterior son los siguientes:

a) Obtener un marco teórico sobre el Juego en general y sobre los Juegos de Mesa en particular abarcando su definición e importancia para el ser humano así como el origen y reglas de los dos Juegos de Mesa que más retos ofrecen a la Inteligencia Artificial y que serán el objeto de estudio del trabajo de tesis a desarrollar: Ajedrez y Damas.

b) Relacionar la Inteligencia Artificial con los Juegos de Mesa mediante la descripción de los intentos que a través del tiempo se han hecho por obtener Automatas y programas que simulen Juegos de Mesa, así como definir el concepto de Inteligencia Artificial, su importancia y el papel de los Juegos de Mesa en la misma.

c) Analizar las razones por las que de entre toda la gama de Juegos de Mesa el Ajedrez representa el mayor reto para la Inteligencia Artificial, así como describir las principales técnicas empleadas en el desarrollo de programas aplicados a Ajedrez y Damas y la posible aplicación de los logros en Juegos de Mesa en otras áreas de la Inteligencia Artificial.

d) Ejemplificar las dificultades prácticas que implica la implantación de un Juego de Mesa mediante el desarrollo de un programa de computadora, con el fin de mostrar que el implantar un Juego de Mesa en computadora, por muy sencillo que sea el juego en cuestión, no es tarea trivial pues su desarrollo implica la simulación de procesos mentales.

De esta manera se pretende, una vez que se hayan alcanzado los objetivos anteriores, deducir como conclusión las perspectivas que tiene la Inteligencia Artificial aplicada a Juegos de Mesa.

Para lograr los objetivos anteriores, se dividirá la investigación a desarrollar en cuatro Capítulos a saber:

1.- Capítulo I: "Conceptos sobre Juegos de Mesa". En este Capítulo se verá la importancia del Juego en general para el ser humano desde los aspectos físico y mental; asimismo se esbozará una clasificación del Juego destacando el lugar que ocupan los Juegos de Mesa en la misma y se verán las particularidades de los Juegos de Mesa respecto a los demás juegos haciendo algunas consideraciones respecto a la relación Intelecto-Juegos de Mesa. Finalmente, se describirá el origen y reglas de los juegos de Ajedrez y Damas.

2.- Capítulo II: "Relación entre Inteligencia Artificial y Juegos de Mesa". En este Capítulo se dará una definición propia de Inteligencia Artificial y se dará un bosquejo histórico de su desarrollo resaltando el papel de los Juegos de Mesa en el mismo. Asimismo se describirán las áreas de investigación que abarca la Inteligencia Artificial y el lugar de los Juegos de Mesa en la misma y se verán finalmente las perspectivas de la Inteligencia Artificial en general.

3.- Capítulo III: "Los Juegos de Mesa: un campo aún no agotado por la Inteligencia Artificial". En la primera parte de este Capítulo se verá la estructura general de un programa aplicado a Juegos de Mesa y posteriormente se analizará el posible impacto económico, científico y social de los Juegos de Mesa en otras áreas de la Inteligencia Artificial y, para finalizar este punto, se tratará de responder una inquietante

pregunta: ¿la computadora sustituirá algún día al hombre?. En la segunda parte se analizarán las razones por las que el Ajedrez -considerado el rey de los Juegos de Mesa- aún representa el mayor reto para la Inteligencia Artificial en Juegos de Mesa.

4.- Capítulo IV: "Dificultades de implantar un Juego de Mesa en computadora". En el último Capítulo se desarrollará un programa enfocado al Juego de Damas aplicando las siguientes etapas de desarrollo de software: Análisis, Diseño, Codificación, Depuración y Prueba. La finalidad de este Capítulo será mostrar porqué la implantación de un Juego de Mesa aparentemente sencillo implica un problema de interés para la Inteligencia Artificial.

Para finalizar, en las Conclusiones se mencionarán las perspectivas que ofrecen los Juegos de Mesa a la Inteligencia Artificial y se determinará si se alcanzaron los Objetivos Particulares y, por ende, el Objetivo General. Asimismo se anexa un glosario con los términos computacionales empleados en el desarrollo del presente trabajo y un apéndice que incluye el manual de usuario del programa a desarrollar en el último Capítulo.

Los Juegos de Mesa constituyen un campo fértil de desarrollo para la Inteligencia Artificial, pero un campo que aún no ha sido investigado al máximo. Espero, con el desarrollo del presente trabajo de tesis, realizar una pequeña aportación en este sentido.

**CAPITULO I**

**" CONCEPTOS SOBRE  
JUEGOS DE MESA "**

## **" IMPORTANCIA DE LOS JUEGOS DE MESA PARA EL SER HUMANO "**

En este primer punto se obtendrá una definición propia del concepto de Juego en general -partiendo de las definiciones más conocidas que se han dado sobre Juego- así como sus características generales. Asimismo se verá la manera en que se manifiesta el Juego en el ser humano tanto a nivel individual -a diferentes edades- como a nivel social -tanto en diferentes sociedades como en diferentes épocas- con el fin de demostrar que el Juego, en cualquiera de sus manifestaciones, ha acompañado al ser humano desde que nace hasta que muere y desde que comenzó a utilizar su intelecto hasta nuestros días.

**Concepto de Juego.-** De manera genérica, cuando se emplea la palabra "Juego" se hace referencia a un conjunto de actividades muy diversas entre sí. Así se tiene que cotidianamente designamos al fútbol, al Ajedrez, a los Crucigramas, al Boliche, a ciertas actividades infantiles y a muchas otras actividades como juegos. Sin embargo, dicho conjunto de actividades diversas entre sí se caracterizan por tener ciertos rasgos en común. De ahí que existan múltiples definiciones de lo que significa Juego en general.

A continuación se darán algunas de las definiciones más reconocidas sobre Juego para luego deducir los puntos comunes a todas ellas y así obtener una definición propia de Juego.

**Definiciones sobre Juego.-** A continuación se citará algunas definiciones interesantes sobre lo que significa la palabra "Juego":

1.- La Academia de la Lengua Española acepta dos significados principales de Juego: a) Acción y efecto de jugar, es decir: hacer algo con alegría y sólo por entretenimiento; b) Ejercicio recreativo, sometido a reglas, en el que se gana ó se pierde. El primer sentido es el más extenso e impreciso y engloba al segundo; el juego en sentido más estricto es una alegre diversión regulada y en la que el resultado (favorable ó no) sólo acompaña al Juego mismo.

2.- La Enciclopedia Durvan define al Juego como una "actividad muscular, sensoria, mental ó bien una combinación de ellas desplegada espontáneamente por la satisfacción inherente a ella, sin que obedezca a un impulso externo."

3.- El Diccionario de Sociología Fairchild define al Juego como "cualquier actividad realizada durante los ratos de ocio, ya sea individual ó colectiva, percibida como libre ó placentera y que tiene en sí misma su propio estímulo, no en alguna necesidad imperiosa, es decir: se realiza sin más apremio que los impulsos interiores de interés, entusiasmo, placer y satisfacción de los propios deseos."

4.- Una última definición: para la Enciclopedia Rialp el Juego se define simplemente como una "acción placentera e inútil."

Cualquier otra definición sobre Juego que sea consultada en cualquier fuente bibliográfica será bastante parecida a alguna de las definiciones dadas anteriormente, por lo que éstas se pueden considerar representativas.

**Características del Juego.-** De las definiciones anteriores se pueden obtener los siguientes puntos en común:

a) El Juego es una actividad, es decir: implica una acción ó conjunto de acciones a realizar.

b) El Juego, a pesar de ser una actividad libre, debe hallarse sometido a ciertas reglas que lo regulen.

c) El Juego es una actividad libre, es decir: no responde a carácter obligatorio alguno sino que es realizado por el ser humano por el puro placer de realizar esta actividad. Esta característica es la que considero principal pues distingue al Juego de aquellas actividades de carácter obligatorio como el trabajo, la faena, las tareas domésticas y la asistencia obligatoria a la escuela. Además, de esta característica se derivan prácticamente todas las características restantes.

d) El Juego es una actividad espontánea, es decir: se realiza en cualquier momento. La única limitante en este sentido es que se realice en

el lugar y con los elementos apropiados cuando el juego en particular así lo requiera.

e) El Juego se manifiesta como una actividad de tipo físico, mental ó Incluso como una actividad combinada de ambos tipos.

f) El fin último del Juego, como actividad libre y espontánea, es proporcionar placer, diversión y descanso a quien realiza dicha actividad. Esto implica que el Juego no persigue premio ó recompensa alguna: el fin del Juego es el Juego en sí. De no ser así el Juego perdería su carácter de actividad libre y, por tanto, ya no sería Juego.

g) El Juego se puede manifestar como una actividad individual ó grupal.

**Mi Propia Definición de Juego.-** De acuerdo a las características obtenidas anteriormente, propongo como mi propia definición de Juego la siguiente:

"El Juego es una actividad libre y espontánea de tipo físico y/o mental sometida a ciertas reglas y cuyo fin es proporcionar placer, diversión y recreación a quien ó quienes lo practican."

**Cómo se manifiesta el Juego.-** Una vez obtenida la definición de Juego, se verá a continuación de qué manera se manifiesta esta actividad. Por supuesto, aunque el Juego no es una actividad privativa del ser humano (también se manifiesta en los animales mediante movimientos que no responden a necesidades instintivas de alimentación ó reproducción sino al simple despliegue de energía vital) el enfoque será dirigido al Juego como actividad humana.

El Juego ha estado unido al ser humano desde que éste se convirtió en un ser racional. En efecto, el Juego ha sido una actividad universal y presente en todas las culturas y épocas manifestándose de diversas formas como se muestra a continuación:

En los pueblos preliterarios ó primitivos el Juego se manifestó principalmente mediante la elaboración de juguetes hechos con materiales rudimentarios. Otras manifestaciones lúdicas fueron las danzas, movimientos rítmicos, mímica, pantomima, histrionismo, cantos, acertijos, adivinanzas, cuentos, certámenes, concursos y competiciones. Aún en la actualidad varias de éstas manifestaciones se dan en las tribus y pueblos no civilizados de Africa, Oceanía, Asia y América.

Para los habitantes del Antiguo Egipto fueron de gran importancia los juegos imitativos de las actividades cotidianas, como lo indican ciertos descubrimientos en tumbas antiguas donde se han encontrado juguetes que representan las diferentes ocupaciones de los egipcios en tiempo de las primeras dinastías. Otros juegos también practicados por este pueblo fueron los de carácter mental como el Juego de Damas (como lo indica los hallazgos de fichas para jugar a las Damas y de relieves tallados en piedra, ver Ilustración I) y los Juegos de Azar. A los Juegos de carácter físico se les dió una importancia más que nada de índole militar, aunque esta importancia no fue como la que le concedieron los griegos y romanos a este tipo de juegos.

Respecto al pueblo hindú, su gran aportación a los Juegos fue el Ajedrez, el cual es considerado el rey de los Juegos de Mesa y cuyo origen y reglas serán analizados posteriormente con mayor detalle dentro de este mismo Capítulo en el punto "Juegos de Mesa interesantes para la Inteligencia Artificial".

Para el pueblo romano, los Juegos eran considerados como fiestas públicas y se denominaban "ludi"; se manifestaban mediante:

- Carreras de Caballos (ludi circenses).
- Representaciones Dramáticas (ludi scenici).
- Luchas de fieras y gladiadores (ludi gladiatorii y naumaquias, respectivamente).

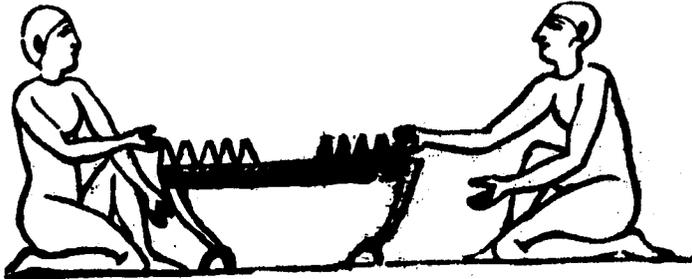
Los juegos romanos, además de cumplir su función de proporcionar placer y diversión, servían también para dos objetivos: honrar a personajes públicos y rendir culto a ciertas divinidades. El número de juegos practicados anualmente por los romanos aumentó paulatinamente

como se indica en la Tabla I. Por otra parte, la Tabla II resume los nombres de los Juegos más importantes celebrados por los romanos.

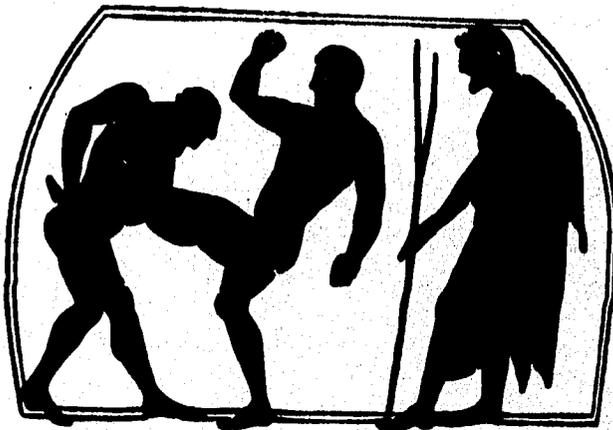
Para el pueblo griego el juego entrañaba notable importancia. Estudios diversos han encontrado que los griegos antiguos practicaban por lo menos 52 juegos infantiles diversos, entre los que destacaban los de carácter físico como los de salto de longitud y de altura, los de carrera y captura y los de tiro y gimnasia. Se considera que el Juego como hecho social surge precisamente en Grecia con diversos juegos atléticos entre los que destacan los Juegos Olímpicos, celebrados cada cuatro años en el solsticio de verano durante cinco días en la ciudad de Olimpia (antigua deidad griega) en honor a Júpiter -también conocido como Zeus- y la importancia de estos Juegos radicaba en que reunía atletas provenientes de todas las ciudades griegas y constituía, por tanto, un factor de unión entre los griegos (ver Ilustración II). Hay que señalar que los juegos de tipo físico tenían mayor importancia que los juegos de tipo mental para los griegos, romanos, germanos y otros pueblos por tratarse de culturas autoritarias y militaristas. Los Juegos de Azar (como los dados) también fueron practicados por los griegos y otros antiguos pueblos como los hebreos (la Biblia menciona el juego de Dados varias veces).

En la Edad Media, el juego de carácter físico se manifiesta principalmente mediante torneos (en los que combatían los caballeros y señores feudales) y mediante juglares y saltimbanque (éstos últimos eran personajes que se ganaban la vida bailando y haciendo piruetas y malabares diversos). Respecto a los Juegos de carácter mental se tiene que durante la Edad Media se introdujo a Europa el Ajedrez y se escribieron los primeros tratados sobre éste y otros Juegos de Mesa como las Damas, siendo el más conocido el Libro de los Juegos de Don Alfonso el Sabio, ver Ilustración III.

Durante el Renacimiento florecieron los juegos tanto de carácter físico como los de carácter mental, dándose prioridad a los primeros porque el antiguo ideal griego "mens sana in corpore sano" volvió a tomar vigor en esta época.



**ILUSTRACION I.- RELIEVE EN PIEDRA QUE MUESTRA A DOS  
EGIPCIOS JUGANDO FRENTE A UN TABLERO  
(POSIBLEMENTE EL JUEGO DE DAMAS)**



**ILUSTRACION II.- LOS ANTIGUOS GRIEGOS PRACTICABAN  
LA LUCHA Y OTROS DEPORTES DURANTE LA CELEBRACION  
DE LOS JUEGOS OLIMPICOS**

**Tabla I.- Número de Juegos oficiales celebrados por los romanos en distintas épocas**

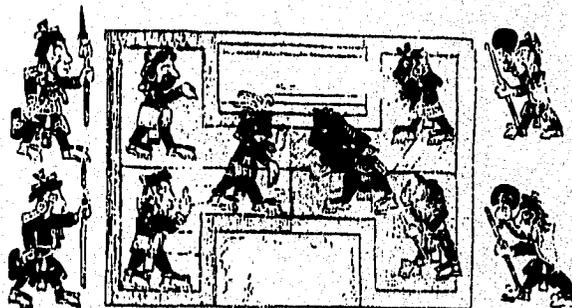
<b>EPOCA</b>	<b>No. DE JUEGOS ANUALES</b>
<b>Republicana</b>	<b>65</b>
<b>Siglo II D. C.</b>	<b>135</b>
<b>Año 354 D.C.</b>	<b>175</b>

**Tabla II.- Juegos más importantes celebrados por los antiguos romanos**

<b>NOMBRE DEL JUEGO</b>	<b>NOMBRE DEL JUEGO</b>
<b>Accios</b>	<b>Nemeos</b>
<b>Augustales</b>	<b>Neronianos</b>
<b>Capitolinos</b>	<b>Ofrecidos</b>
<b>Consuales</b>	<b>Periódicos</b>
<b>de Cástor y Pólux</b>	<b>Plebeyos</b>
<b>Escénicos</b>	<b>Pirricos</b>
<b>Extraordinarios</b>	<b>Píticos</b>
<b>Fúnebres</b>	<b>Seculares</b>
<b>Istmicos</b>	<b>Taurillanos</b>
<b>Marciales</b>	<b>Terentinos</b>



**ILUSTRACION III. - GRABADO DEL " LIBRO DE LOS JUEGOS " DE DON ALFONSO EL SABIO. ( ACTUALMENTE EN EL MUSEO DE EL ESCORIAL, ESPAÑA )**



**ILUSTRACION IV. - FRAGMENTO DEL CODICE COLOMBINO QUE MUESTRA UNA PARTIDA DEL JUEGO DE PELOTA**

En América, la manifestación más conocida del Juego se da en la práctica del popular Juego de Pelota (conocido también como "Tachtli") aunque cabe señalar que su origen (debido a los olmecas allá por el año 1300 A.C.) tuvo elementos predominantemente religiosos.

El Juego de Pelota se jugaba en una cancha en forma de T (angosta por el centro y ancha en los costados) entre dos equipos de 3 jugadores cada uno (ver ilustración IV). El objeto del juego consistía en golpear una pelota de caucho muy pesada sólo con las caderas de manera que cruzara hacia la cancha contraria: si la pelota no era contestada por algún rival se contaba una raya a favor. Al centro de la cancha había un aro de piedra con un agujero de diámetro ligeramente mayor al de la pelota, y cuando algún equipo lograba hacer pasar ésta por aquel agujero (algo bastante difícil) ganaba automáticamente el juego.

En la actualidad, el Juego se manifiesta de muy variadas formas siendo los de mayor auge los juegos de carácter físico ó deportivo hasta el punto de que se han profesionalizado y comercializado como espectáculo.

Una vez vistas las principales manifestaciones del Juego en diferentes épocas y culturas, se puede deducir que determinados juegos adquieren mayor auge que otros dependiendo de las características de la sociedad en la que se dan; es por eso que los juegos de carácter físico adquieren tanto auge en las culturas militaristas de antaño y es también por eso que en la actualidad tienen tanto auge los juegos de tipo deportivo: por la necesidad de contrarrestar los efectos de la vida sedentaria que las sociedades modernas imponen a los individuos.

Para concluir con este primer punto referente a la definición, características y manifestaciones del Juego, conviene resaltar los siguientes puntos mencionados anteriormente:

a) El Juego -manifestado en múltiples formas- ha estado presente en todas las culturas y épocas, siendo canalizado a distintos fines según los intereses de la sociedad en que se manifiesta (recordar por ejemplo la importancia dada por las culturas militaristas a los deportes).

**b) Toda persona se relaciona con el Juego desde sus primeros meses de vida hasta su muerte, y esto es debido a que el Juego es una parte importante de la vida humana pues por definición es lo que permite canalizar las energías restantes de las rutinas cotidianas de una forma que le proporcione placer, diversión y descanso.**

**c) Se ha obtenido una definición propia de lo que es Juego en general con el fin de no limitarme solo a las definiciones existentes, sino de dar mi propio concepto del objeto de estudio del presente trabajo de tesis. Esta definición se ha obtenido a partir de las características generales del Juego.**

b) Toda persona se relaciona con el Juego desde sus primeros meses de vida hasta su muerte, y esto es debido a que el Juego es una parte importante de la vida humana pues por definición es lo que permite canalizar las energías restantes de las rutinas cotidianas de una forma que le proporcione placer, diversión y descanso.

c) Se ha obtenido una definición propia de lo que es Juego en general con el fin de no limitarme solo a las definiciones existentes, sino de dar mi propio concepto del objeto de estudio del presente trabajo de tesis. Esta definición se ha obtenido a partir de las características generales del Juego.

## " CLASIFICACION DE LOS JUEGOS "

Una vez obtenida una definición propia de Juego, así como sus características y manifestaciones principales en la sociedad, surgen las siguientes interrogantes:

- a) ¿Cómo se clasifica toda la gama de juegos existentes?
- b) ¿Cuántas clasificaciones de Juegos existen?
- c) ¿En qué criterios se basan tales clasificaciones?
- d) ¿Qué papel tienen los Juegos de Mesa en las clasificaciones a analizar?

El objetivo del presente punto es responder a las preguntas anteriores y para ello se analizarán las dos clasificaciones sobre Juegos más aceptadas considerando tanto los criterios que las sustentan como las características de cada clasificación, con lo cual se responderá las tres primeras preguntas; respecto a la última pregunta se responderá al término de este punto una vez que se haya visto cómo encajan los Juegos de Mesa en ambas clasificaciones.

**CRITERIOS Y CLASIFICACION DE LOS JUEGOS.** - La mayoría de los autores que se han dedicado al estudio de los aspectos psicológico, social, moral y fisiológico del Juego clasifican la gran variedad de Juegos existentes de acuerdo a dos criterios:

**CRITERIO 1: DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL JUEGO EN SI.** - Este criterio considera las características propias de cada juego (tales como el escenario donde se realiza el juego y los elementos necesarios para que éste pueda realizarse como tableros, dados, fichas y elementos especiales como en los siguientes casos: Ajedrez -donde se emplean piezas de diversas formas-, los Juegos de Naipes -donde se emplean cartas de colores y dibujos diversos- los juegos de tipo Deportivo y al Aire Libre -en los que se emplean balones, pelotas, aros y otros elementos-) en vez de considerar los aspectos humanos inherentes al mismo, para obtener una clasificación de los Juegos en general.

El esquema I resume la clasificación del Juego desde el punto de vista del Juego en sí, que será explicada a continuación (respecto al esquema II mostrado en la misma página será analizado posteriormente).

**A) JUEGOS DE SALÓN.** También conocidos como **JUEGOS DE MESA**, se conoce como Juegos de Salón a cualesquiera de los que se juegan en reuniones familiares ó de amigos, o bien en viviendas particulares ó locales dedicados para tal fin. Los Juegos de Salón, a su vez, se clasifican de la siguiente manera:

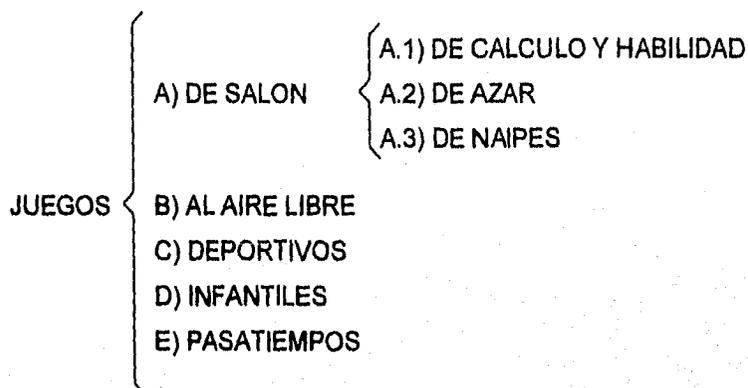
**A.1) DE CÁLCULO Y HABILIDAD.** Los Juegos de Cálculo y Habilidad se caracterizan por lo siguiente:

a) Tienen lugar entre dos ó mas jugadores (aunque lo más común es que se practiquen entre dos jugadores).

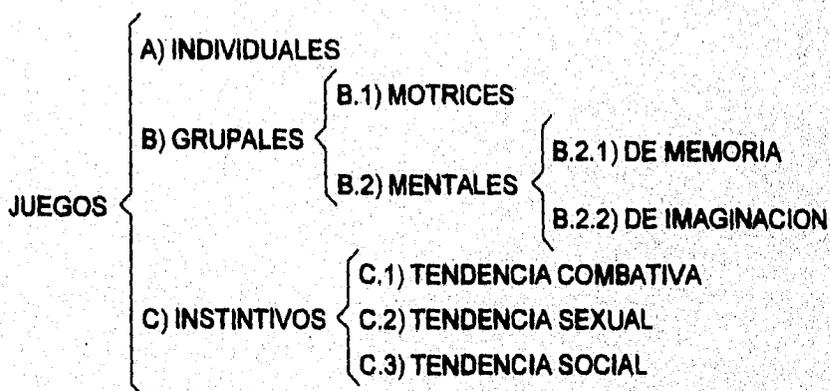
b) El Juego en cuestión termina cuando alguno de los jugadores obtiene una posición ó superioridad de pieza ó ficha tal (para el caso de aquellos juegos que requieran de un tablero) ó bien cuando alguno de los jugadores pone todas sus fichas en juego de manera que se queda sin ninguna de éstas (como en el caso del Dominó) lo cual le permite obtener la victoria sobre su(a) rival(es).

c) Los jugadores tienen que poner en juego sus habilidades mentales tales como la Concentración, Análisis, Deducción y en algunos casos la habilidad de Cálculo (como en el Dominó) para poder ganar el juego en cuestión. Esta es la principal característica de los Juegos de Cálculo y Habilidad: de hecho es ésta característica la que da su nombre a este tipo de juegos.

Entre los Juegos de Cálculo y Habilidad más populares se encuentran: el Ajedrez y las Damas (no solo en la actualidad sino en diversas épocas, ver Ilustración V), el Dominó, el Go (variante japonesa del Ajedrez muy popular en el Lejano Oriente) y otros.



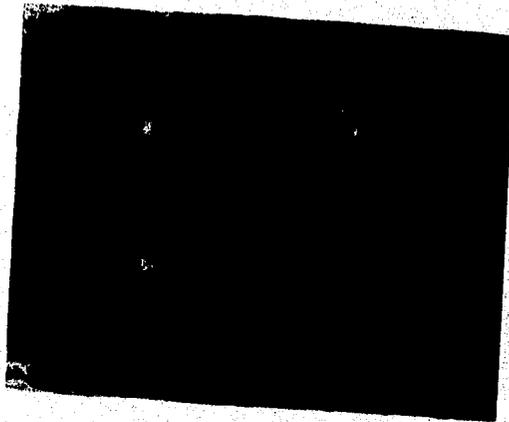
**ESQUEMA I.- CLASIFICACION DE LOS JUEGOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL JUEGO EN SI**



**ESQUEMA II.- CLASIFICACION DE LOS JUEGOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PERSONA QUE LO PRACTICA**



**PARTIDA DE AJEDREZ ENTRE LUIS XI Y CARLOS EL TEMERARIO (MINIATURA DEL SIGLO XV)**



**PARTIDA DE DAMAS EN UN CAFE (PINTURA DEL MUSEO CONDE, LONDRES)**

**ILUSTRACION V.- EL AJEDREZ Y LAS DAMAS. JUEGOS DE  
CALCULO Y HABILIDAD POR EXCELENCIA**

**A.2) Juegos de Azar.**- Los Juegos de Azar son aquellos cuyo resultado no depende de la habilidad ó destreza de los jugadores sino exclusivamente de la suerte ó azar<sup>(1)</sup>. Una característica muy importante respecto a los Juegos de Azar es que en todos los países del mundo su práctica está reglamentada desde el punto de vista legal ya que se prestan a prácticas de apuestas y por tanto son susceptibles de prácticas fraudulentas (Inclusive en algunos países como México los Juegos de Azar están totalmente prohibidos).

Entre los Juegos de Azar más populares se encuentran:

- La Ruleta en sus diversas modalidades.
- Los Juegos de Oca y Lotería.
- El juego de Cara ó Cruz (conocido en México como los populares "volados").
- Los juegos de Dados en sus diversas variantes, entre las que destaca el Cubilete.
- El Backgammon (este Juego, aunque aparentemente es un Juego de Cálculo y Habilidad, en realidad es un Juego de Azar porque para jugarlo se requiere de un par de dados, y todos aquellos juegos en los que se utilicen dados caen en la categoría de Juegos de Azar).

**A.3) Juegos de Naipes.**- Los Juegos de Naipes constituyen la tercera variante de los Juegos de Salón, y son aquellos en los que se reparte un conjunto de cartas a cada jugador (aunque existen muchos tipos de cartas sobresalen dos: la Baraja Americana, constituida por 52 cartas divididas en 4 grupos de 13 cartas cada una; cada grupo se caracteriza por alguna de las siguientes figuras: trébol negro, espada negra, diamante rojo ó corazón rojo y cada carta, dentro de cada grupo, se numera del 1 al 13: las cartas 11, 12 y 13 se identifican por las figuras de un paje, una reina y un rey respectivamente. El segundo tipo de cartas sobresaliente corresponde a la Baraja Española, compuesta también de 52 cartas divididas también en 4 grupos iguales pero que se distinguen de la Baraja Americana por las figuras que emplea: Oros, Copas, Bastos y Espadas.

---

(1) Se define el azar como aquellas circunstancias que se dan por mera casualidad y que no son controlables por el ser humano; también se denomina como suerte.

Las cartas en cada grupo también se numeran: las cartas 11, 12 y 13 se identifican por las figuras de la Sota, el Caballo y el Rey respectivamente).

Existen una infinidad de Juegos de Naipes, algunos populares a nivel mundial y otros propios de cada país; dentro de los primeros podemos citar: el Bridge, la Brisca, la Canasta, el Póker, el Siete y Medio, el Solitario, el Tresillo y el Whist.

Para concluir con los Juegos de Naipes, hay que destacar que éstos mezclan tanto elementos de Azar (pues este factor influye en diversos momentos del juego, como en las cartas que le tocan a cada jugador al inicio de una partida de cualquier juego de Naipes) como elementos de Cálculo y Habilidad (pues los jugadores deben de usar sus capacidades intelectuales para jugar del mejor modo posible sus cartas).

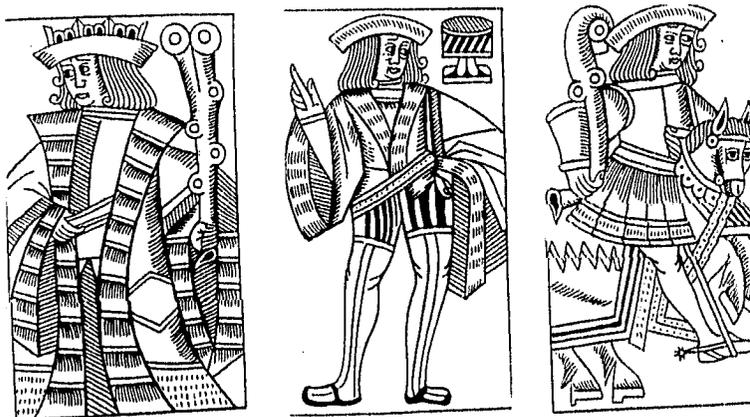
**B) JUEGOS AL AIRE LIBRE.-** Se conoce como Juegos al Aire Libre aquellos que, al contrario de los Juegos de Salón, no se practican en un lugar cerrado (ya sea casa ó local especial para ello) sino que se practican en lugares especiales para actividades al aire libre.

Las características de los Juegos al Aire Libre son:

- El movimiento corporal es la constante de cualquier Juego al Aire Libre: ya sea que se realice con los propios miembros del jugador ó bien se aplique a otros cuerpos como pelotas, trompos y pirinolas.

- Como ya se dijo anteriormente, se realizan en lugares ó espacios abiertos como jardines, áreas verdes ó simplemente en cualquier lugar donde haya espacio suficiente para la práctica del Juego al Aire Libre.

- Los Juegos al Aire Libre pueden realizarse tanto en manera individual como grupal.



**ILUSTRACION VI.- EJEMPLO DE FIGURAS USADAS PARA  
JUEGOS DE NAIPES**



**ILUSTRACION VII.- EL JUEGO DEL PASO. POPULAR ENTRE  
LOS JUEGOS AL AIRE LIBRE**

Entre los Juegos al Aire Libre más populares se encuentran: los juegos de la "Gallina Ciega" y "Los Encantados" que tanto gustan a los niños, la Rayuela, el popular Ula-Ula (consistente en hacer girar uno ó varios aros con piernas, brazos, cintura y cuello), el juego del Paso (que consiste en saltar a uno ó varios compañeros que se colocan flexionadas las rodillas, con las manos en la nuca y la cabeza agachada lo más posible), etc.

C) JUEGOS DEPORTIVOS.- Con el nombre de Juegos Deportivos (también denominados como Deportes) se conoce el conjunto de ejercicios corporales que, debidamente reglamentados, se realizan con alguno de los siguientes fines:

- Descanso de las actividades intelectuales.
- Fines recreativos (tanto para quien lo practica como para quien lo contempla).
- Medio de ganarse la vida en algunos casos (deportistas profesionales).
- Mejoramiento de las condiciones físicas de quien(es) lo(s) practica(n).
- Fines competitivos.

Los dos primeros fines son los que le dan a los Deportes la categoría de Juegos, pues de acuerdo a la definición obtenida en el punto "Mi propia definición de Juego" el fin de cualquier Juego es proporcionar placer, diversión y recreación a quien lo practica.

Casi todos los Juegos de tipo Deportivo se basan en actividades tales como correr, saltar y/o lanzar un objeto. La diversidad alcanzada por los Deportes en la actualidad es muy rica y variada, como se muestra en la Tabla III.

Las características más distintivas de los Juegos Deportivos son:

**TABLA III.- DEPORTES MAS PRACTICADOS EN EL MUNDO (\*)**

<b>DEPORTE</b>	<b>No. DE PAISES EN QUE SE PRACTICA</b>	<b>No. DE PRACTICANTES (EN MILLONES)</b>
Baloncesto	127	66.5
Voleibol	108	65
Fútbol	142	55
Tiro	95	30
Pesca	30	25
Tenis de Mesa	99	23
Atletismo	144	20
Golf	65	15.3
Natación	100	11
Tenis	92	10.5
Esquí	48	8
Judo	80	7
Beisbol	40	4.9
Bolos	42	4.5
Halterofilia	84	4.3
Lucha	81	4.2
Gimnasia	63	4.2

(\*) FUENTE.- Reporte de la U.N.E.S.C.O. (Organización Mundial para la Difusión de la Ciencia, la Educación y la Cultura) en 1985.

- Han tenido una evolución histórica muy palpable: se considera que la práctica de los Deportes como actividad reglamentada surge en la época de mayor esplendor de la cultura griega (recordar que, de hecho, se mencionó en el punto "Cómo se manifiesta el Juego" que los Juegos Olímpicos celebrados por los griegos constituyen una de las primeras manifestaciones de la actividad lúdica) y desde entonces los Deportes se han manifestado hasta nuestros días.

-Dentro de los Deportes existen los que se practican individualmente (como el atletismo, la gimnasia ó la natación) que buscan solo la superación personal -tanto física como mental en el sentido de reforzar la voluntad- y los que se practican colectivamente -como el tenis, el fútbol y el rugby- que buscan fomentar entre sus practicarites un deseo de asociación para poner los esfuerzos individuales al servicio de un equipo.

-El Deporte, en la actualidad, tiene gran influencia social: independientemente del sistema sociopolítico ó de la ideología de cada nación el deporte fomenta la unión entre los pueblos, además de que su práctica se ha convertido en un negocio muy lucrativo que atrae verdaderas multitudes.

- Dentro de los Deportes existen los siguientes tipos: acuáticos, aéreos, sobre nieve, de combate y contacto físico, de velocidad en vehículos, de contemplación de las bellezas naturales (como el alpinismo y el montañismo), de caza y pesca, de habilidad físicoatlética (como el fútbol, baloncesto, voleibol y tenis) ó formativos (como la gimnasia y los deportes atléticos).

D) **PASATIEMPOS.** Se conoce como Pasatiempos a las aficiones practicadas de muy diversas formas en los ratos de ocio (también son conocidos por la voz Inglesa "hobby" ). Su variedad es tan amplia, que sería muy difícil tratar de enumerarlos, en lugar de ello se dará a continuación una breve clasificación de los Pasatiempos:

-**Pasatiempos Deportivos.**- Entre los más conocidos figuran: el golf, la pesca, la caza, la navegación a vela, el campismo, la ballestería y otros.

La práctica de Deportes, cuando se realiza a nivel amateur, también puede considerarse como Pasatiempos Deportivos.

**-Pasatiempos Artesanales.-** Los Pasatiempos Artesanales ó Manuales son tan innumerables como heterogéneos. Entre los más conocidos están: el modelismo, la talla en madera, la ebanistería y la talla ó pulimento de gemas, la costura, las labores relativas al tejido y los bordados y las actividades culinarias.

**-Pasatiempos Culturales ó Estéticos.-** Entre los pasatiempos culturales ó estéticos destacan la música, el teatro, la danza, la pintura, la escultura y las colecciones de objetos. Este último es el que reúne el mayor número de adeptos y entre los tipos más importantes de colecciones están: la filatelia (arte de coleccionar sellos de correo), la numismática (arte de coleccionar monedas de valores y épocas diversas), de botones, de juguetes, de antigüedades, la bibliomanía (arte de coleccionar libros diversos), de autógrafos, etc.

Otros Pasatiempos curiosos son el viajar y las colecciones relacionadas con los espacios abiertos y la Naturaleza (de animales, aves, setos, plantas, conchas marinas, etc.).

Para finalizar con los Pasatiempos, hay que mencionar que una persona puede tener preferencia por varios a la vez, siendo variables según la edad y el sexo de la persona.

**D) JUEGOS INFANTILES.-** Son aquellos practicados por los niños y tienen las siguientes características:

-Su razón de ser se debe al deseo del niño de conocerse tanto a sí mismo como al mundo que lo rodea.

-Se considera que los Juegos Infantiles son de carácter imitativo porque son una preparación para las actividades de la vida adulta. En efecto, esta característica es la que le da importancia al Juego Infantil ya que si éste fuera sólo un brote aislado de la infancia sería quizá

interesante como hecho, pero su estudio tendría poca validez científica. Sin embargo, el Juego Infantil ha sido vinculado al desarrollo y estímulo de la creatividad, de la capacidad de resolver problemas, del aprendizaje del lenguaje, del desarrollo de papeles sociales y otros numerosos fenómenos cognoscitivos y sociales. La necesidad de precisar la naturaleza de estos vínculos sigue motivando la realización de investigaciones al respecto.

-Sus manifestaciones más importantes son las siguientes: mediante la manipulación de objetos y materiales, mediante movimientos e interacción con otros niños y mediante el lenguaje.

-Los Juegos Infantiles se pueden clasificar de la siguiente manera según Piaget (2):

a) **Sensomotores**, que se manifiestan hasta los 2 años de edad, mediante ellos el niño adquiere control y coordinación sobre sus movimientos.

b) **Simbólicos**, que predominan hasta los 6 años de edad y en los que el niño juega con símbolos, por ejemplo: cuando imula un nido de pájaros apilando canicas en un sombrero.

c) **Sujetos a Reglas**, que comienzan generalmente cuando el niño empieza a asistir a la escuela y se manifiestan como Juegos al Aire Libre.

**CRITERIO 2: DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PERSONA QUE LO PRACTICA.-** El segundo criterio para clasificar a los Juegos considera éstos desde el punto de vista de las capacidades y habilidades del (ó los) jugador(es) que intervienen, en vez de considerar las características propias del Juego en sí.

El esquema II (mostrado en la página 26 junto con el esquema correspondiente al primer criterio de clasificación de Juegos analizado) resume la clasificación de los Juegos desde el punto de vista de la persona que lo practica, la cual será explicada a continuación:

---

(2) Jean Piaget es un investigador suizo famoso por sus aportaciones al campo de la Psicología, sobre todo en lo referente a Psicología Infantil.

A) **JUEGOS INDIVIDUALES.**- Son aquellos que se dan sin participación de otra persona, es decir: sólo interviene un jugador. El Juego Individual se manifiesta de muchas formas, pero generalmente se da en mayor grado en los primeros años de vida de una persona cuando ésta intenta explorar el mundo que la rodea.

B) **JUEGOS GRUPALES.**- Los Juegos Grupales se dividen a su vez en los siguientes:

B.1) **JUEGOS MOTRICES.**- Son aquellos en los que intervienen los miembros del cuerpo humano, dentro de los Juegos Motrices encajan los de tipo Deportivo, Infantil y al Aire Libre. En los Juegos Motrices también intervienen los reflejos (un reflejo es una reacción nerviosa inconsciente que resulta de una impresión exterior) y los sentidos (particularmente los de la vista, el oído y el tacto).

B.2) **JUEGOS MENTALES.**- Son aquellos en los que intervienen las capacidades intelectuales de los jugadores, como en la vasta gama de Juegos de Mesa y de Naipes que existen. En los Juegos Mentales aunque se da la intervención de los sentidos de los jugadores (sobre todo el de la vista) es más importante el papel que desempeña la inteligencia y paciencia de los mismos.

Los Juegos Mentales, a su vez, se dividen en los siguientes:

B.2.1) **JUEGOS DE MEMORIA.**- La capacidad de Memoria se define como la facultad de conservar las ideas anteriormente adquiridas. Aunque es difícil encontrar un Juego Mental en el que intervenga sólo la capacidad de Memoria (pues casi todos combinan varias capacidades intelectuales y no se enfocan a una sola) se puede citar el Juego llamado Memorama como el más representativo de esta clase de juegos. El Memorama consiste en memorizar la figura y posición de un conjunto de tarjetas colocadas boca abajo para poder ir relacionando cada tarjeta con su respectiva pareja.

**B.2.2) JUEGOS DE IMAGINACION.**- La capacidad de Imaginación se define como la facultad de representar objetos ó situaciones no existentes. Algunos de los Juegos que más estimulan la Imaginación son: el Ajedrez, las Damas, el Go (variante japonesa del Ajedrez) y otros.

**C) JUEGOS INSTINTIVOS.**- El Instinto se define como la "tendencia innata a realizar ciertas acciones orientadas hacia un fin sin previo conocimiento del mismo". El instinto es el mismo en todos los individuos de una especie, Inconsciente y con una finalidad precisa. Algunos instintos humanos (como el de asociación, el sexual y el de combate) se manifiesta también en forma de Juegos como se muestra a continuación:

**C.1) JUEGOS DE TENDENCIA COMBATIVA.**- Se considera que el instinto de combate y agresión es inherente al ser humano (según algunos, como reminiscencia de su evolución) y este instinto se manifiesta en ciertos juegos de índole deportiva como el Boxeo, las Artes Marciales, Lucha Libre, etc.

**C.2) JUEGOS DE TENDENCIA SEXUAL.**- Dentro de esta tendencia se tiene que los juegos más representativos son los bailes y reuniones entre individuos de ambos sexos.

**C.3) JUEGOS DE TENDENCIA SOCIAL.**- Estos juegos son realizados por los individuos para no sentirse aislados (recordar que el ser humano por naturaleza es un ser eminentemente social) y se manifiestan mediante la danza, el baile y todos aquellos juegos practicados de manera colectiva.

Una vez visto cómo se clasifican los Juegos así como los criterios de clasificación, se puede contestar la pregunta planteada al principio de este punto: ¿qué papel tienen los Juegos de Mesa en las clasificaciones a analizar?. Para ello consideremos lo siguiente:

- En la primera clasificación (bajo el criterio del Juego en sí) los Juegos de Mesa caen en la categoría de Juegos de Cálculo y Habilidad, lo

que implica que además de intervenir las capacidades intelectuales del individuo no interviene el azar, lo cual es importante de señalar.

- En la segunda clasificación (bajo el criterio de las capacidades del individuo que practica el Juego) los Juegos de Mesa caen en la categoría de Juegos Mentales, lo cual implica que intervienen ciertas capacidades intelectuales de los jugadores.

De lo anterior se deduce que no importando la manera en que clasifiquemos a los Juegos en general, los Juegos de Mesa tendrán un lugar especial (y de hecho es la razón de su importancia) por lo siguiente:

**De entre toda la gama de Juegos existentes, los Juegos de Mesa son los únicos en los que interviene la inteligencia humana de manera directa, y en los que el Azar no es factor determinante ni en el desarrollo ni en el resultado final de tales Juegos.**

En el siguiente punto, se verá con detalle la manera en la que intervienen las capacidades intelectuales humanas en los Juegos de Mesa, explicando cada una de éstas.

## **" CONSIDERACIONES RESPECTO AL INTELLECTO Y LOS JUEGOS DE MESA"**

En los dos puntos anteriores el enfoque ha sido dirigido al Juego de manera general con la finalidad de tener un panorama sobre lo que implica tal concepto. A partir de este punto, el enfoque será dirigido a los Juegos de Mesa en particular puesto que éstos son el objeto de estudio del presente trabajo de tesis. Como ya se mencionó al finalizar el punto anterior, la importancia de los Juegos de Mesa radica en que de toda la gama de Juegos existentes son los únicos que permiten la intervención directa y total de las capacidades Intelectuales del ser humano y para comprender los Juegos de Mesa hay que comprender, por tanto, dichas capacidades intelectuales que intervienen en los mismos.

Las capacidades intelectuales a analizar y que intervienen en los Juegos de Mesa son: Análisis y Síntesis, Deducción, Abstracción, Concentración, Imaginación, Memoria y Aprendizaje.

**ANÁLISIS Y SÍNTESIS.-** El Análisis se define como la capacidad mental que permite separar un todo en sus partes de manera que se puedan estudiar y manipular dichas partes de manera individual. La capacidad de Análisis se encuentra muy relacionada con otra capacidad intelectual conocida como Síntesis, y la diferencia entre ambas es la siguiente: mediante el Análisis se decompone una situación dada en un cierto número de partes y de cada una de éstas se obtiene un conocimiento parcial, mientras que la Síntesis permite conjuntar todos los conocimientos parciales obtenidos mediante el Análisis para así tener un conocimiento global de la situación original. De lo anterior se deduce que la Síntesis es el proceso inverso del Análisis. La importancia de estas capacidades intelectuales consiste en que no hay desarrollo regular del pensamiento ni ciencia alguna en la que no aparezcan, de una u otra forma, las capacidades de Análisis y Síntesis.

Las principales fases del Análisis son las siguientes:

a) **OBSERVACION.**- Se define como la obtención de información mediante el uso de los sentidos (vista, gusto, tacto, oído y olfato) acerca de un fenómeno, situación u objeto. Su relación con el Análisis es que mediante la Observación se obtiene información de aquello que se desea analizar la cual se emplea luego para la descomposición del todo en sus partes.

b) **CRITICA.**- Definida como el establecimiento de un juicio acerca de una situación, objeto ó fenómeno dado. Mediante la Crítica se realiza el estudio y manipulación de las partes obtenidas en la fase de Observación con el fin de obtener, precisamente, juicios acerca de tales partes que proporcionarán un conocimiento de cada una de éstas.

A su vez, las principales fases de la Síntesis son las siguientes:

a) **COMPRESION.**- Se define como la facultad de entender el conjunto de cualidades que integran un concepto ó situación. Mediante la Comprensión se entiende el significado de los conocimientos parciales obtenidos en el Análisis, con el fin de poder conjuntarlos posteriormente al encontrar puntos en común entre los mismos.

b) **GENERALIZACION.**- Definida como el proceso mental de la formación de una idea general a partir de ideas específicas, permite enunciar un conocimiento general de la situación original a partir de los conocimientos parciales obtenidos en la fase anterior.

Una vez vistas la definición y características del Análisis y la Síntesis, se tiene que en todo Juego de Mesa los jugadores aplican ambas capacidades para descomponer una situación general (la partida del Juego de Mesa en cuestión) en partes (las posibles jugadas que tiene cada jugador), para que a partir del conocimiento obtenido de cada una de éstas partes cada jugador generalice una estrategia general de juego (es decir: aplique la capacidad de Síntesis).

**DEDUCCION.**- La Deducción se define como la capacidad intelectual que permite ir de lo general a lo particular, siendo lo contrario a la

Inducción que es la capacidad intelectual que permite ir de lo particular a lo general. La Deducción frecuentemente se basa en Axiomas, que son principios evidentes que no requieren demostración.

La Deducción y la Inducción se distinguen por lo siguiente:

a) Por su punto de partida.- En la Deducción es de orden racional, mientras que en la Inducción es de orden experimental.

b) Por su fin.- La Deducción es una conclusión particular ó menos general que la Inducción.

c) Por su uso.- La Deducción es el procedimiento que siguen las ciencias abstractas y racionales; la Inducción es el procedimiento empleado por las ciencias experimentales.

En un Juego de Mesa, los jugadores tienen que deducir las jugadas a realizar a partir de la posición actual de sus fichas ó piezas (recordar que se habla de piezas en el caso del Ajedrez), de ahí que la capacidad de Deducción sea una capacidad intelectual que interviene en los Juegos de Mesa. Asimismo, cada jugador tiene que deducir de la posición actual de su rival puntos débiles (es decir: fichas ó piezas que estén desprotegidas ó bien posiciones importantes no consideradas) para explotárselas en su beneficio y poder conseguir la victoria en el juego.

**ABSTRACCION.-** La siguiente capacidad intelectual a ver es la Abstracción, definida como la facultad de representar mentalmente el mundo que nos rodea, donde dicha representación puede ser simbólica (como en las Matemáticas), gráfica (como en la Pintura) ó bien mediante modelos físicos (como en el caso de la Física). La importancia de la Abstracción es la siguiente: sin ella las Ciencias no tendrían posibilidad de desarrollo ya que no sería posible formular los principios generales que las sustentan y no se podrían establecer leyes en campos como la Moral, la Filosofía e incluso el Arte. De entre las Ciencias Naturales, las Matemáticas son la que más emplean la Abstracción y es por eso que se aplican en todos los ámbitos de la vida ocupando un lugar preponderante

entre las Ciencias Naturales (sin embargo, hay que destacar que la reina de las Ciencias en general es la Filosofía, pues ésta engloba aún a las Matemáticas y su herramienta principal es la Abstracción).

Ahora bien: ¿qué relación tiene lo anterior con los Juegos de Mesa?. La respuesta es que para jugar cualquier Juego de Mesa se necesita emplear esta capacidad pues es la que permite representar mentalmente el juego en cuestión (esto es importante porque una regla de oro en todos los Juegos de Mesa es la siguiente: "pieza tocada, pieza jugada", lo que significa que un jugador no debe tocar ninguna ficha ó pieza ya sea propia ó del rival hasta que esté seguro de la jugada que va a realizar, por lo que antes de realizar cualquier jugada debe representar mentalmente los resultados de cada jugada posible) e incluso tal representación puede ser registrada en forma simbólica (como en el caso del Ajedrez, donde las partidas se pueden registrar mediante Notación Algebraica) y en forma gráfica (ciertas partidas interesantes de Ajedrez, Damas y otros juegos son representadas mediante diagramas con el fin de estudiarlas posteriormente para encontrar puntos débiles en la estrategia planteada por alguno de los jugadores que interviniera en tales partidas).

**CONCENTRACION.-** La cuarta capacidad intelectual que interviene en un Juego de Mesa es la Concentración, definida como la facultad de dirigir la atención hacia un objeto ó situación en particular, prescindiendo momentáneamente de todo lo que rodea a dicho objeto ó situación. La Concentración es el medio por el cual el ser humano puede aplicar sus capacidades intelectuales pues es mediante ésta que puede comprender de la mejor forma posible el objeto, fenómeno ó situación de interés obteniendo así la mayor información posible sobre el mismo.

Su relación con los Juegos de Mesa es que todo jugador, cuando juega un Juego de Mesa dado, debe concentrarse en el mismo para poder aplicar sus capacidades intelectuales de Análisis y Síntesis, Deducción, Abstracción, Memoria e Imaginación de forma óptima. Recordar que el azar no interviene en un Juego de Mesa, pero un factor que sí puede

influir en el mismo son los errores<sup>(3)</sup> de los jugadores, los cuales dependen de la concentración que cada jugador ponga en el juego.

**IMAGINACION.-** La Imaginación se define como la capacidad mental de representar objetos ó situaciones no existentes. Su aplicación práctica se da en todos los ámbitos de las Ciencias y Humanidades, empleándose como herramienta principal sobre todo en éstas últimas (en las Artes en general concretamente). Un concepto muy ligado con el de Imaginación es el de Creatividad, la cual se sustenta en la Imaginación y representa una ruptura con los convencionalismos y las normas tradicionales. La Creatividad puede reflejarse en una solución innovadora a un problema, en un nuevo diseño ó en la obtención de un nuevo enfoque ó concepto. Cualquier tipo de actividad posee potencial para el desarrollo de la Creatividad.

La Imaginación se manifiesta en los Juegos de Mesa cuando los jugadores tienen que emplearla para idear nuevas jugadas y estrategias de juego que les permitan tanto defender sus posiciones como presionar las posiciones rivales.

**MEMORIA.-** La última capacidad intelectual que interviene en un Juego de Mesa es la Memoria, y se define como la facultad que permite recordar y retener sucesos pasados. Esta capacidad intelectual es la que le permite al ser humano aprender de sus experiencias pasadas y acumular conocimiento que en el futuro aplica a situaciones similares a aquellas que le proporcionaron las experiencias aprendidas. La importancia de la Memoria en los Juegos de Mesa es que mediante ella los jugadores pueden recordar jugadas y estrategias pasadas para así aplicarlas a partidas futuras.

**APRENDIZAJE.-** Proceso intelectual mediante el cual una entidad adquiere un cierto conocimiento. Se puede manifestar de las siguientes formas:

---

(3) El error se define, de manera general, como una acción, opinión ó valor falso en comparación con una acción, opinión ó valor aceptado como correcto.

a) Cuando una cierta entidad, que ya posee el conocimiento en cuestión, lo enseña a otras entidades que no lo poseen.

b) Cuando una entidad adquiere el conocimiento sin la ayuda de ninguna otra; este caso constituye una forma restringida de Aprendizaje que se denomina Descubrimiento. Un Descubrimiento se caracteriza en especial porque el conocimiento adquirido, por lo general, no es poseído por otra entidad (de hecho, esta es la característica de los Descubrimientos Científicos, ya que el conocimiento adquirido por un científico en un descubrimiento no es poseído por ningún otro). El Descubrimiento implica no sólo el proceso de Aprendizaje sino también los de Análisis y Síntesis, Deducción, Abstracción e Imaginación, que son los procesos involucrados en la resolución de un problema.

Una vez descritas las capacidades intelectuales que intervienen en los juegos de Mesa, se describirán a continuación dos de tales Juegos en los que se aprecia más que en otros la intervención de dichas capacidades, agregando que los dos juegos a describir son de hecho los Juegos de Mesa de interés para el presente trabajo de tesis.

## **" JUEGOS DE MESA INTERESANTES PARA INTELIGENCIA ARTIFICIAL "**

Una vez que se han hecho algunas consideraciones sobre los Juegos de Mesa y las capacidades mentales relacionadas con ellos, es momento de describir, para concluir con el presente Capítulo, los Juegos de Mesa que en particular serán analizados en los Capítulos posteriores. En efecto, los dos Juegos de Mesa hacia los que se enfocará el interés serán el AJEDREZ y las DAMAS por las siguientes razones :

- a) Ambos juegos figuran entre los Juegos de Mesa más populares.
- b) Han sido jugados desde tiempos antiquísimos, lo cual indica la importancia que tuvieron desde antaño como actividades lúdicas.
- c) Tienen lazos comunes entre sí tanto en sus elementos de juego como en sus reglas, esto último es importante pues la complejidad de ambos juegos radica en sus reglas.
- d) Ambos juegos ofrecen un interés particular a la Inteligencia Artificial porque sus reglas y características permiten simular las capacidades mentales vistas en el punto anterior.

En este punto, se verá el origen y desarrollo de ambos juegos con el fin de dejar en claro que tanto el Ajedrez como las Damas son producto de una evolución. También se describirán las reglas de cada uno de estos juegos, con lo cual se comprenderá el porqué de su complejidad.

**ORIGEN DEL AJEDREZ.** No es posible establecer siquiera con vaga precisión el origen de este juego. Pero no hay duda de que fue inventado milenios atrás, muy probablemente por alguna de las más antiguas culturas orientales. A continuación se mencionarán algunas de las teorías más importantes sobre el origen del llamado "rey de los Juegos de Salón" con el fin de conocer las diversas opiniones acerca del origen de tan interesante juego.

En efecto, algunos autores sostenían que el Ajedrez fue invención de los griegos para entretenerse en sus ratos de ocio durante el sitio de Troya: existe una leyenda que reconoce a Palámedes, héroe de la

expedición contra los troyanos y enemigo de Ulises, la invención no sólo del Ajedrez sino también de otros juegos debido a que por sus venas corría la sangre de Neptuno (dios griego del mar) y un juego tan tortuoso de la inteligencia no podía ser invento de los hombres: tenía que ser de origen divino. Sin embargo esta teoría actualmente no tiene aceptación porque está comprobado que los griegos no conocieron el Ajedrez en la Antigüedad, sino que fueron herederos de una gran tradición inventiva de Oriente -de hecho el "peteia" ó sea el juego atribuido a Palámedes no era más que una especie de juego de Damas-.

Otra teoría, basada en argumentos arqueológicos más que en leyendas, atribuye el origen del Ajedrez al Antiguo Egipto. Así lo sugiere el hallazgo de piezas y tableros en algunas tumbas de faraones los cuales tienen bastante analogía con las piezas y tablero del Ajedrez actual; otros hallazgos al respecto parecen indicar que los egipcios jugaban sobre tableros empleando piezas de diferente tamaño y figura, siendo natural que esta diversidad correspondiese a una diversidad de movimientos tal como se da en el moderno Ajedrez. Incluso existe un fragmento de papiro en el Museo Británico donde se representa a dos egipcios jugando una especie de Ajedrez, así como un paño mortuorio consistente de un gran tablero de cuadros verdes y rojos por cada uno de sus 4 lados (cuando a los pueblos orientales no se les ocurrió nunca pintar los cuadros del tablero). A pesar de todas las pruebas anteriores hay quienes afirman que los hallazgos antes mencionados más que representar el juego de Ajedrez representan el juego de Damas, aduciendo además que es difícil probar que los milenarios juegos de tablas del Antiguo Egipto eran Ajedrez: nadie sabe si efectivamente el Ajedrez nació en Egipto, pasó a la India y Persia y más tarde a Grecia, Arabia y España.

Una teoría mas atribuye el origen del Ajedrez a los Arabes, quienes lo practicaban desde los primeros siglos de nuestra era pero que no se ostentan como sus autores: explican que lo heredaron de Persia (incluso la expresión "shah mat" ó "jaque mate" pertenece al idioma de este último país). A su vez, los persas afirman haber heredado este juego de los birmanos (de hecho ya en el siglo VII D.C. los árabes se refieren al Ajedrez con la palabra "exetrech", traducción de la palabra sánscrita

"chaturaga"; en la ilustración VIII se muestra tanto un tablero típico de Ajedrez Birmano como un tablero antiguo del Chaturaga).

De esta manera llegamos a la teoría más aceptada sobre el origen del Ajedrez que lo atribuye a la India. Entre otras razones, esta atribución se hace porque la palabra "chaturaga" (descrita anteriormente) corresponde a la antigua concepción hindú de los 4 cuerpos principales integrantes de un ejército: caballería, infantería, elefantes y carros de batalla. Es por eso que entre los antiguos hindúes el Ajedrez era conocido como Juego de la Guerra. Respecto a la antigüedad del Ajedrez tampoco hay acuerdo entre los estudiosos del tema, pues ni los que lo remontan al año 3000 A.C. ni los que lo remontan al siglo VI A.C. ó al siglo IX A.C. (todos atribuyéndolo a la India) presentan argumentos contundentes.

Las teorías antes mencionadas son las más aceptadas sobre el origen del Ajedrez, pero como ya se advirtió ninguna es totalmente aceptada aún.

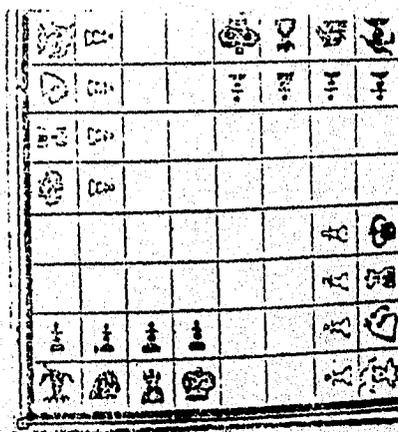
**EL AJEDREZ EN EUROPA.** A continuación se verá cómo fue introducido el Ajedrez en Europa debido a que en este continente adquirió su forma y reglas actuales, además de que fue en un país europeo (España) donde aparecieron los primeros tratados de Ajedrez.

En general, se cree que el Ajedrez fue introducido en Europa durante la Edad Media (ya sea a principios ó mediados de esta etapa histórica), aunque la fecha de tal introducción aún causa controversia. Tampoco hay acuerdo sobre quiénes introdujeron el Ajedrez en Europa: la mayoría de autores afirman que los Arabes propagaron este juego en Europa Meridional y Central mientras que los Persas lo propagaron en las regiones de Europa Oriental. Según algunos documentos históricos ya hacia fines del siglo X el Ajedrez era popular en varios países europeos como en España, donde hace más de siete siglos (1283) se redactó en Sevilla el popular Libro de los Juegos de don Alfonso el Sabio, que es un

**EQUIVALENCIAS PARA EL AJEDREZ BIRMANO (\*)**

No. DE FIGURA	NOMBRE BIRMANO	NOMBRE EUROPEO	No. DE PIEZAS
1	Miag	Rey	1
2	Chekoy	Dama	1
3	Rut'ha	Alfil	2
4	Chein	Torre	2
5	Mhee	Caballo	2
6	Jein	Peón	8

3							3
	1	4	3	5			
	4	2	6	6	6	5	6
6	6	8					
					6	6	6
6	6	6	6	6	2	4	
			5	3	4	1	
3							3



**ILUSTRACION VIII. - TABLEROS DE AJEDREZ BIRMANO Y DEL ANTIGUO JUEGO DEL CHATURAGA. RESPECTIVAMENTE**

(\*) NOTA: Los movimientos de las piezas descritos en la Tabla corresponden a los de las respectivas piezas del Ajedrez moderno.

formidable tratado sobre el Ajedrez, los dados y los juegos de tablero conocidos en esa época. El Libro de los Juegos es considerado un verdadero tesoro para los estudiosos de la evolución del Ajedrez, conservándose el único ejemplar en la biblioteca de El Escorial.

Otro tratado de esta época referente al Ajedrez fue obra del catalán Vincent "Libre dels jochs partits del Scachs" publicado en Valencia en 1495 y que muestra ya consideraciones de tipo técnico sobre el Ajedrez.

Es importante mencionar que en cuanto a la técnica del juego en la Edad Media ésta es la misma que la actual pues las piezas tenían igual valor, nombre y movimientos salvo algunas excepciones (las reglas y nombres de las piezas del Ajedrez serán tratadós más adelante) mencionado sólo que la pieza denominada Dama fue la que más modificaciones sufrió sobre todo en su nombre. Una regla importante introducida en la Edad Media fue el Enroque (que será explicado cuando se detalle lo referente a las reglas de este juego) completando prácticamente la formación del moderno Ajedrez tal y como lo conocemos en la actualidad.

**EL AJEDREZ EN LA EPOCA MODERNA.** Con el advenimiento de la Edad Moderna entra también el Ajedrez en un nuevo periodo en el que los jugadores, más que empíricamente, juegan sistemáticamente guiados por el análisis sobre todo de las Aperturas y Cierres de las partidas de Ajedrez (es por eso que se considera esta etapa como el nacimiento del Ajedrez científico). De esta época data el famosísimo "Libro de la invención liberal y arte del juego del Axedrez" del capellán español Ruy López de Segura, publicado en España en 1561 y que convirtió al autor en uno de los primeros clásicos de este juego. Y ya en los años de "La Celestina" (1499) y en los primeros del siglo XVI surgen los primeros grandes jugadores como Lucerna, Damiano, de Curtri y Boi.

Del siglo XVIII destacan las publicaciones del francés Greco en 1639 y del italiano Silvio en 1634, cuyo libro incluye además una interesante historia del Ajedrez. Arabes, franceses, italianos, alemanes, inauguran una nueva etapa en la historia de este juego: comienzan a aparecer los

primeros jugadores de renombre mundial (aunque aún no existe un campeonato oficial) como Philidor (famoso por sus exhibiciones de partidas simultáneas y a la ciega) Ponziani, Stamma (autor del libro "Cien partidas desesperadas"), Allgaier y otros.

**EL AJEDREZ DE LOS SIGLOS XIX Y XX.**- A principios del siglo XIX Francia, Inglaterra y Alemania fueron las naciones en las que más se cultivó el Ajedrez. Surgen jugadores de primer nivel que se disputan el honor de ser considerados el mejor jugador mundial de Ajedrez: Deschappelles, Evans, Mac Donell, Cochrone, Lewis, La Bourdannals, Staunton, Andersen, Lowenthal, Morphy (primer jugador americano en ser considerado extraoficialmente campeón mundial) y Steinitz fueron los más sobresalientes pues ganaron campeonatos nacionales ó continentales. En 1886 se establece formalmente el campeonato mundial de Ajedrez y en la Tabla IV se listan los campeonatos mundiales jugados hasta la fecha. De dicha Tabla hay que destacar que el único campeón latinoamericano ha sido el cubano Capablanca. Respecto a la evolución técnica del Ajedrez (sobre todo en las últimas 5 décadas) han surgido métodos y estilos diversos, unos dando importancia a las aperturas de las partidas, otros a jugadas arriesgadas y otros a la posición (esta última es la que más seguidores tiene actualmente aunque se sacrifica brillantez por seguridad en las partidas, desde mi punto de vista).

**EL AJEDREZ DEL FUTURO.**- Aunque hasta este momento (1986) el Ajedrez ha sido monopolizado por los seres humanos, ya existen por lo menos desde la década de los 50's las computadoras jugadoras de Ajedrez en diferentes niveles de juego. El futuro del Ajedrez se orienta a las competencias entre humanos y computadoras y aunque hasta ahora los primeros han triunfado en todas las ocasiones cabe plantearse la siguiente interrogante :

**¿ Habrá alguna vez grandes Maestros Internacionales (no humanos) que ostenten el título mundial de Ajedrez ?**

La respuesta no es fácil de obtener. Sin embargo, el futuro del Ajedrez se encuentra ligado con la importancia de este juego en el desarrollo de las Ciencias de la Computación (concretamente de la Inteligencia Artificial), esta importancia será analizada en el punto "El Ajedrez: el mayor reto en Juegos de Mesa para la I.A." perteneciente al Capítulo III. Además, en el siguiente Capítulo se describirán los enfrentamientos más famosos entre hombre y máquina.

**REGLAS BASICAS DEL AJEDREZ.**- A continuación se enlistan las reglas elementales del Ajedrez con la finalidad de conocer la riqueza de piezas y movimientos de este juego.

El tablero tradicional de Ajedrez se compone de 64 casillas (donde 32 son blancas y 32 son negras) simétricamente alternadas en ocho columnas y ocho renglones. La colocación inicial del tablero es importante pues a la izquierda de cada jugador debe haber un cuadro negro. La posición inicial de las piezas (la cual es rigurosa) se indica en la Ilustración IX. Las 16 piezas con que cuenta cada jugador son un Rey, una Dama, dos Torres, dos Alfiles, dos Caballos y ocho Peones. Los movimientos de cada pieza son los siguientes:

**LOS PEONES.**- Sólo pueden avanzar de frente y una casilla a la vez, salvo cuando toman una pieza enemiga ya que entonces avanzan una casilla diagonalmente para colocarse en el sitio que antes ocupaba la pieza capturada. El peón es la pieza más débil de todas y la única que no puede retroceder, pero en condiciones favorables es tan peligrosa como las otras piezas y puede matar el Rey contrario, cuyo muerte es el objetivo del juego. Al llegar a la octava casilla de una columna el peón puede transformarse en cualquier otra pieza (salvo en Rey).

**LOS CABALLOS.**- Es la única pieza que puede saltar por encima de otras piezas ya sean propias ó ejenes. Su movimiento es tal vez el más complejo: se mueve en escuadra y hacia cualquier punto a su alcance dos casillas horizontales y una vertical, ó bien dos casillas verticales y una horizontal. El caballo puede atacar simultáneamente varias piezas ofreciendo peligros muy especiales.

**TABLA IV .- CAMPEONATOS MUNDIALES DE AJEDREZ (\*)**

<b>FECHA OBTENCION DE TITULO</b>	<b>CAMPEON</b>	<b>NACIONALIDAD</b>
<b>1886-94</b>	<b>Steinitz</b>	<b>Estadounidense</b>
<b>1894-1921</b>	<b>Lasker</b>	<b>Alemana</b>
<b>1921-27</b>	<b>Capablanca</b>	<b>Cubana</b>
<b>1927-35</b>	<b>Alekhine</b>	<b>Francesa</b>
<b>1935-37</b>	<b>Euwe</b>	<b>Holandesa</b>
<b>1937-46</b>	<b>Alekhine</b>	<b>Francesa</b>
<b>1951-57</b>	<b>Botvinnik</b>	<b>Soviética</b>
<b>1957-58</b>	<b>Smylov</b>	<b>Soviética</b>
<b>1958-60</b>	<b>Botvinnik</b>	<b>Soviética</b>
<b>1960-61</b>	<b>Tal</b>	<b>Soviética</b>
<b>1961-63</b>	<b>Botvinnik</b>	<b>Soviética</b>
<b>1963-69</b>	<b>Petrosian</b>	<b>Soviética</b>
<b>1969-72</b>	<b>Spassky</b>	<b>Soviética</b>
<b>1972-75</b>	<b>Fischer</b>	<b>Estadounidense</b>
<b>1975-85</b>	<b>Karpov</b>	<b>Soviética</b>
<b>1985-?</b>	<b>Kasparov</b>	<b>Soviética</b>

**(\*) FUENTE : "Ajedrez, Cibernética y Psicología". Marcelo Castillo. Revista Ciencia y Desarrollo. Enero-Febrero 1991, vol. XVI, núm. 86. pág. 119.**

**LOS ALFILES.-** Se mueven en diagonal y sólo por el color que les corresponde (cada jugador dispone de un Alfil en casilla negra y otro Alfil en casilla blanca al comienzo del juego). El Alfil puede recorrer todos los cuadros a su alcance salvo que su movimiento sea impedido por una pieza propia ó enemiga, la cual puede capturar.

**LAS TORRES.-** Se mueven vertical y horizontalmente sin límite de casilla y sólo se detienen si una pieza enemiga ó propia les impide el paso. Las Torres pueden, como los Alfines, moverse una ó varias casillas y para capturar una pieza enemiga deben tomar el lugar que ésta ocupaba.

**LA DAMA.-** Es la pieza más poderosa del tablero: cuenta con los movimientos, características, poderes e impedimentos del Alfil y de la Torre.

**EL REY.-** Es la más importante y débil de las piezas puesto que su captura representa la derrota del jugador que lo pierde. Puede moverse en cualquier dirección pero solamente una casilla a la vez, excepto en el caso llamado ENROQUE. El Enroque se realiza cuando el Rey no se ha movido de su posición original ni lo ha hecho tampoco la Torre que se mueve con él (único caso en que dos piezas se mueven a la vez). Para enrocarse con alguna de las dos Torres el Rey debe tener libres todas las casillas intermedias, no estar atacado (Jaque) por una pieza enemiga ni ver interrumpido el trayecto del Enroque por el ataque de ninguna otra pieza. Si el Enroque se hace con la Torre próxima al Rey la Torre se mueve dos casillas a su izquierda y el Rey salta sobre ella para colocarse dos casillas a su derecha; si el Enroque se hace con la Torre de Dama ésta se mueve tres casillas a su derecha y el Rey salta sobre ella para colocarse dos casillas a la izquierda. El Enroque sólo se puede realizar una vez por cada jugador.

A continuación otras definiciones importantes :

**APERTURA.-** Es la primera fase de cualquier juego, comenzando con la posición inicial y abarcando hasta la mitad de una partida, donde la mayoría de las piezas ya han tomado una cierta posición.

**JAQUE.-** Cuando alguna pieza (excepto el propio Rey) amenaza con tomar al Rey enemigo, siempre debe ser anunciado por el jugador que lo realiza.

**JAQUE MATE.-** Cuando el Rey en situación de Jaque no dispone de ninguna jugada que lo libere de tal situación.

**JAQUE PERPETUO.-** Cuando se repiten tres jugadas iguales, produciéndose así un empate (esto también se conoce como Tablas).

**REY AHOGADO.-** Si no se puede mover ninguna pieza y se encuentra él mismo sin movimiento pero no atacado (no en Jaque) se declara "Rey Ahogado" y se empata la partida.

**TOMAR AL PASO.-** Cuando un Peón en su movimiento inicial salta dos casillas, puede ser tomado "al Paso" por un Peón rival siempre y cuando la primera casilla del salto sea la de la diagonal que le permite capturar la pieza.

Estas son las definiciones más empleadas ya que por razón de espacio no se enumeran todas. Sin embargo se puede consultar el reglamento de la F.I.D.E. (Federación Internacional de Ajedrez) si se desea conocer las reglas faltantes en este espacio.

**NOTACION DE MOVIMIENTOS DE AJEDREZ.-** Para denotar y registrar los movimientos que se dan en una partida de Ajedrez existen dos sistemas:

a) **Sistema Descriptivo.-** La posición de las piezas negras y blancas en el tablero sirve para denotar las diferentes casillas. Por ejemplo: se tiene que para cada jugador al comienzo de una partida las casillas del primer renglón horizontal, de izquierda a derecha, se denominan de la siguiente manera:

1TD (Uno Torre de Dama)  
1CD (Uno Caballo de Dama)  
1AD (Uno Alfil de Dama)  
1D (Uno de Dama)  
1R (Uno de Rey)  
1AR (Uno Alfil de Rey)  
1CR (Uno Caballo de Rey)  
1TR (Uno Torre de Rey)

A partir de estas casillas todas las demás se denotan de igual manera: primero se indica el número de la casilla (donde cada casilla se reconoce por un número del 1 al 8. Por ejemplo: para la columna de Torre de Dama las casillas se numeran así: 1TD, 2TD, 3TD, . . . , 8TD), e indicando luego la columna correspondiente. Para el jugador de piezas blancas las casillas número uno son las de la primera fila enfrente de él y las número ocho corresponden a la fila del extremo opuesto al jugador, y viceversa para el jugador de piezas negras.

b) Sistema Algebraico.- Consiste en una numeración única para todas las casillas del tablero. La primera fila horizontal de las piezas blancas sirve para la denominación de todas las columnas. Las ocho casillas de esta fila se denominan, de izquierda a derecha, con las letras: A,B,C,D,E,F,G,H. Las columnas tienen casillas numeradas del 1 al 8. De este modo la primera columna de la izquierda comprende las casillas A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8. Y lo mismo sucede con las siguientes. La numeración no se invierte para el jugador de piezas negras, como en el Sistema Descriptivo. Para las piezas negras las casillas de la primera fila son, de derecha a izquierda: A8, B8, C8, D8, E8, F8, G8 y H8.

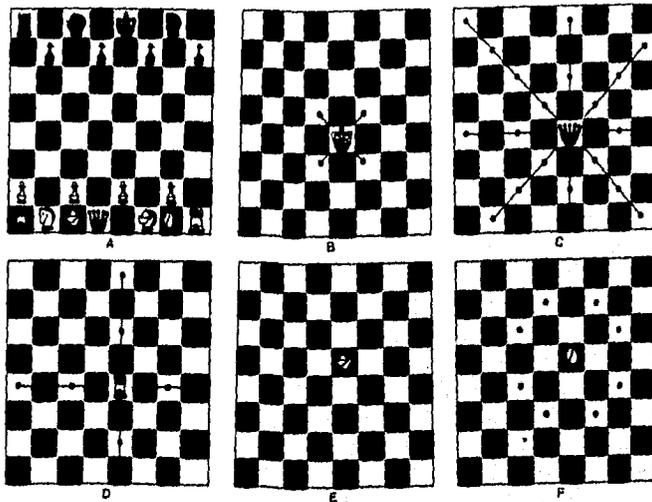
Otros signos empleados en ambos sistemas son los que se indican en la siguiente página:

SIMBOLO	SIGNIFICADO
I	Buena Jugada
II	Muy Buena Jugada
?	Mala Jugada
??	Muy Mala Jugada
+	Jaque
++	Jaque Mate
0-0	Enroque Corto (flanco del Rey)
0-0-0	Enroque Largo (flanco de Dama)
x	Captura de Pieza contraria

**JUEGO DE DAMAS.-** Otro de los Juegos de Mesa que ofrecen perspectivas interesantes para la Inteligencia Artificial es el Juego de Damas. A continuación se describirá su origen y reglas.

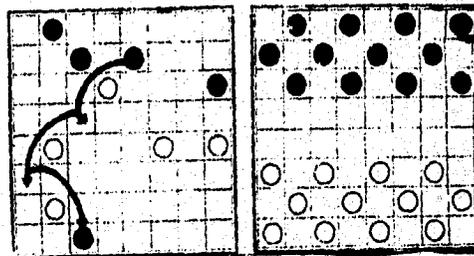
**ORIGEN DEL JUEGO DE DAMAS.-** Este juego parece ser antiquísimo, pues en tumbas egipcias del siglo XVII A.C. se han encontrado fichas del mismo, y en el Museo Egipcio de Londres se conserva parte del tablero para jugar Damas perteneciente al faraón Anur-Hat-Shepsa. Algunos autores clásicos mencionan el Juego de Damas en sus obras, así se tiene que Platón afirma que el inventor de este juego (denominado "pessoi" por los antiguos griegos) fue la deidad egipcia Thot, y el historiador y poeta Homero describe a los pretendientes de Penélope (en la "Odisea") entretenidos jugando a las Damas. También hay pruebas arqueológicas que confirman el antiguo origen de este juego: en monumentos egipcios aparecen representaciones de Ramsés jugando a las Damas. En el siglo XI se encuentra un juego parecido entre los Normandos, mencionándose asimismo el tablero de las Damas en una leyenda irlandesa de esta misma época.

El primer tratado sobre el Juego de Damas apareció en 1547 en España: fray Torquemada publicó en Valencia el "Ingenio ó Juego de mano, de Punio ó Damas"; otras publicaciones datan de 1610 y 1684. En 1688 el matemático Pedro Mallet publicó la primera obra en francés dando reglas para el Juego de Damas (que sin embargo no se adoptó en Francia). En 1727 fue introducida en Francia la versión polaca del Juego



- A) Disposición inicial de piezas en el tablero.
- B) Movimientos legales para el Rey.
- C) Movimientos legales para la Dama.
- D) Movimientos legales para la Torre.
- E) Movimientos legales para el Alfil.
- F) Movimientos legales para el Caballo.

**ILUSTRACION IX- DISPOSICION INICIAL DEL TABLERO Y DE LAS PIEZAS DE AJEDREZ Y SUS MOVIMIENTOS**



**ILUSTRACION X- DISPOSICION INICIAL DEL TABLERO Y DE LAS PIEZAS DE AJEDREZ Y SUS MOVIMIENTOS**

de Damas como lo menciona Manoury en su "Jeu de dames à la Polonaise" en la que colaboraron Diderot y otros enciclopedistas. Otros tratados muy populares fueron:

- " Introductions to the game of Draughts " del inglés Payne.
- " Guide to the game of Draughts " aparecido en Inglaterra en 1680.
- " Scottish draughts player ", del escocés Drumond en 1838.
- " Guide to the game of Draughts ", de Robertson.

**FUTURO DEL JUEGO DE DAMAS.-** Este juego, al igual que el Ajedrez, ha sido monopolizado hasta el momento por seres humanos. Sin embargo también se han desarrollado computadoras jugadoras de Damas que juegan a un nivel de Maestro. Los campeonatos de Damas entre computadoras y humanos han alcanzado popularidad en los últimos años y los resultados, aunque han sido más espectaculares que en el caso del Ajedrez (debido a que este último juego ofrece sin lugar a dudas mayores complicaciones para ser simulado por computadora) prometen ser aún mayores en los próximos años porque el Juego de Damas también implica procesos mentales de cuya simulación se pueden obtener algoritmos de Inteligencia Artificial susceptibles de ser implementados en computadora.

**REGLAS DEL JUEGO DE DAMAS.-** Existen dos variantes del Juego de Damas: la variante Española (que es la más generalizada en el mundo) y la variante Polaca difundida principalmente en Polonia, Francia, Bélgica y Holanda. El enfoque del presente trabajo de tesis será dirigido a la variante Española por ser, como ya se dijo, la más generalizada, para luego explicar de manera breve las diferencias importantes respecto a la variante Polaca.

Las reglas del Juego de Damas en su Variante Española son las siguientes :

- a) Se emplea un tablero dividido en 64 casillas (32 blancas y 32 negras colocadas de manera alterna) similar al tablero empleado en el Ajedrez, y al igual que en este juego la colocación del tablero siempre

será de tal forma que a mano izquierda de cada jugador haya una casilla de color negra.

b) Cada jugador cuenta al inicio del juego con 12 fichas (las fichas de un jugador son blancas y las del otro negras). La colocación inicial de las fichas será como se muestra en la ilustración X.

c) Las fichas se mueven adelantando siempre una casilla en diagonal a izquierda ó derecha (no puede moverse hacia atrás a menos que sea coronada, este caso se explicará más adelante). También se puede capturar una ficha rival de la siguiente forma: cuando una pieza se encuentra en la casilla adyacente a una del contrario y con la casilla que sigue desocupada la puede capturar colocándose en esta casilla después de saltar por encima de la pieza amenazada la cual es retirada del tablero. Si dos ó más piezas se colocan de tal modo que dejan entre ellas una casilla libre se las puede capturar de una sola vez. Lo anterior se resume en la ilustración X.

d) Cuando algún jugador consigue hacer llegar una de sus piezas al extremo opuesto del tablero queda ésta coronada y puede pedir una de sus piezas que haya perdido para colocarla sobre la pieza coronada. La pieza coronada puede adelantar ó retroceder en sus movimientos en la dirección que convenga, saltando de una vez varias casillas con tal de que no estén ocupadas por otras piezas.

e) Siempre que sea posible es obligatorio el capturar piezas enemigas.

f) Los siguientes casos son penalizados con la pérdida de turno ó ficha:

- cuando un jugador ejecuta un falso movimiento.
- cuando un jugador, pudiendo capturar una ficha rival, no lo hace.
- cuando un jugador toma menos fichas de las que pudiera tomar.

g) La partida se termina cuando uno de los jugadores ha perdido todas sus fichas ó bien las tiene bloqueadas, es decir: no puede hacer

ningún movimiento válido. Una partida queda empatada ó Tablas cuando ambos jugadores quedan con una posición de fichas tal que no pueden ni capturarse unas a otras ni realizar movimiento alguno.

Respecto a la Variante Polaca del Juego de Damas, se juega en un tablero de 100 casillas con 20 fichas por jugador. Los movimientos de las fichas son similares a los de la Variante Española salvo que hay posibilidad de retroceso; respecto a las piezas coronadas su movimiento es similar al caso de la Variante Española.

**CAPITULO II**

**" RELACION ENTRE  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y  
LOS JUEGOS DE MESA "**

## " CONCEPTOS SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL "

En el Capítulo anterior se vieron los conceptos básicos referentes a los Juegos en general (su definición, clasificación y características) y se hicieron algunas consideraciones sobre los Juegos de Mesa en particular; asimismo se describieron el origen y las reglas de juego para el Ajedrez y las Damas. El presente Capítulo será dedicado al estudio y análisis de la Inteligencia Artificial ( también abreviado como I.A. ) y su relación con los Juegos de Mesa.

Para ello se divide este Capítulo en dos puntos: en el primero de ellos (titulado "Conceptos sobre Inteligencia Artificial") se verá la definición y desarrollo histórico así como perspectivas, definiciones básicas y áreas de investigación de la Inteligencia Artificial mientras que en el segundo punto (titulado "Consideraciones sobre la relación I.A.-Juegos de Mesa") se harán algunas consideraciones respecto a la relación de los Juegos de Mesa con la Inteligencia Artificial.

**DEFINICIONES CLASICAS DE I.A.:** A continuación se dan algunas definiciones sobre Inteligencia Artificial pertenecientes a investigadores y expertos considerados como clásicos en el tema:

1.- M. Minsky, profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts, define la Inteligencia Artificial como "la ciencia de hacer máquinas que hacen cosas que realizadas por el hombre requieren el uso de inteligencia."

2.- P. H. Winston, investigador y colega del profesor Minsky, define la Inteligencia Artificial como "la ciencia que tiene como objetivo conseguir hacer computadoras más útiles para comprender los principios que hacen posible la Inteligencia."

3.- Tanto para B.G. Buchanan como para E.A. Feigenbaum (investigadores de Inteligencia Artificial por la Universidad de Stanford) la Inteligencia Artificial es "la parte de la ciencia de los ordenadores que investiga procesos simbólicos, razonamientos no algorítmicos y

representaciones simbólicas de conocimiento usados en máquinas inteligentes."

4.- Una última definición: Margaret A. Boden escribe: "La Inteligencia Artificial no es el estudio de las computadoras, sino de la inteligencia en el pensamiento y la acción."

A pesar de que las definiciones anteriores tienen entre sí rasgos comunes y son las más aceptadas, es importante señalar que no se han unificado hasta la fecha criterios para obtener una definición de I.A. aceptada universalmente debido a que ni siquiera se ha logrado obtener una definición universal de las palabras que componen este término (me refiero a las palabras "Inteligencia" y "Artificial" cuya complejidad ha originado las más diversas definiciones en todos los ámbitos, por ejemplo: en la Informática, la Filosofía, la Neurología y la Psicología, entre otros). Sin embargo, y esto es lo más importante, el término Inteligencia Artificial, a casi cuarenta años de su invención, identifica una de las ramas de investigación más prometedoras en el campo de la Informática. En efecto, la I.A. ha desarrollado y organizado un conjunto de ideas, técnicas y productos que constituyen en sí una nueva disciplina en la que año tras año se realizan cientos de investigaciones con los fines de obtener nuevos conocimientos acerca de la Inteligencia humana y de obtener resultados aplicables a otros campos de la Ciencia, la Tecnología y las Humanidades.

**MI PROPIA DEFINICIÓN DE I.A.** - Para obtener una definición propia de Inteligencia Artificial me basaré en los dos objetivos principales que persigue esta rama de la Informática, los cuales se dan a continuación:

1.- El primer objetivo que persigue la Inteligencia Artificial es el estudio de los procesos cognoscitivos<sup>(4)</sup> en general, es decir: el desarrollo de una teoría sistemática de los procesos intelectuales del ser humano.

---

(4) Se aplica este término a todos los procesos pertenecientes a la mente humana y que son susceptibles de ser conocidos por sus características propias.

2.- El segundo objetivo que persigue la Inteligencia Artificial es la obtención de procesos automatizados capaces de realizar tareas hasta ahora reservadas exclusivamente a los seres humanos, es decir: este objetivo se refiere al diseño y construcción de máquinas y al desarrollo de programas de computadora capaces de realizar tareas complejas con una pericia igual ó mayor que la de un ser humano. La diferencia principal respecto al primer objetivo es que aunque para éste la computadora es una poderosa herramienta su meta fundamental no es ésta herramienta en sí, sino el estudio de la conducta inteligente y en particular de la conducta humana.

En base a los dos objetivos anteriores propongo la siguiente definición de Inteligencia Artificial :

**" La Inteligencia Artificial es la rama de la Informática referente a la simulación de procesos mentales mediante técnicas y algoritmos especiales, con el fin de realizar mediante programas de computadora aquellas tareas que hasta ahora sólo puede realizar el ser humano. "**

En efecto, la definición propuesta engloba los dos objetivos perseguidos por la I.A.: el estudio de los procesos intelectuales del ser humano (para lo cual la I.A. se ayuda de otras ciencias como la Psicología, la Neurología y la Lingüística) y los medios con los que se pretende simular tales procesos (técnicas y algoritmos especiales aplicables a programas de computadora). Estos medios son especiales porque son distintos a los empleados por la Informática Convencional, como se verá posteriormente en el punto "Consideraciones respecto a la relación I.A.- Juegos de Mesa". Por "tareas que hasta ahora sólo puede realizar el ser humano" abarco tanto las tareas más comunes del ser humano (como las capacidades de percepción de formas y objetos, de comunicación oral y de coordinación de los movimientos corporales) como tareas de mayor grado de complejidad como las capacidades de emitir diagnósticos médicos, de formular razonamientos lógicos, de realizar demostraciones matemáticas y, por supuesto, de jugar Juegos de Mesa.

**ORIGEN Y DESARROLLO HISTORICO DE LA I.A.-** A pesar de que el término "Inteligencia Artificial" fue acuñado apenas en 1956, sus antecedentes se remontan muchos siglos atrás. En efecto, en la evolución histórica de la I.A. se advierten dos tendencias muy marcadas: la primera referente a los intentos por construir autómatas que simularan ya sea el comportamiento humano ó animal, y la segunda tendencia referente al desarrollo de teorías que sustentaran la posibilidad de automatizar las capacidades intelectuales del ser humano. Ambas tendencias están relacionadas con los Juegos de Mesa y serán analizadas a continuación.

**DEFINICION DE AUTOMATA.-** Se conoce como autómatas aquella máquina que por medio de un mecanismo interior imita el comportamiento de un ser viviente. Cuando esta máquina reproduce la figura humana y alguna de sus acciones se le denomina androide. La disposición de estas máquinas es sumamente variable pero en general se basan en mecanismos de relojería que en momentos determinados accionan los mecanismos correspondientes a los movimientos que imita. El ser humano, intuitivamente, ha comparado la complejidad de su mente con la complejidad del funcionamiento de una máquina, de ahí que los autómatas hayan sido el primer intento por imitar la Inteligencia humana y convertirse así en el primer antecedente de la Inteligencia Artificial.

**LOS AUTOMATAS EN LA ANTIGÜEDAD.-** Los antiguos griegos estudiaron la manera de imitar los movimientos de los seres vivos como, por ejemplo, los movimientos de los pájaros, así se tiene que Fadorino y otros escritores griegos mencionan que Arquitas construyó un palomo de madera que volaba por medio de una fuerza mecánica. También se encuentran referencias a los Autómatas en la literatura griega, por ejemplo en La Ilíada.

Los griegos no son los únicos que proporcionan referencias de los autómatas en la Antigüedad: otra referencia muy famosa se debe a la tradición judía del "Golem", figura humanoide hecha de arcilla a la cual un rabino podía darle vida propia con el fin de que fuera su criado (según esta tradición el Golem escapa luego del control de su amo).

**LOS AUTOMATAS EN LA EDAD MEDIA.-** Fue hasta esta época que se conocieron máquinas que puedan recibir propiamente el nombre de autómatas. En efecto, el primer autómatas importante es construído en el siglo XIII por el matemático Alberto el Grande, el cual era capaz de abrir y cerrar la puerta de la casa de su creador, de saludar y de dirigir algunas palabras a los visitantes. Se dice que Roger Bacon construyó en esta época una cabeza parlante, e incluso se asegura que Descartes construyó un autómatas con figura de mujer al que llamaba "su hija Franchina" y que llevaba a todas partes. Descartes también propuso la idea del "animal-máquina": los seres vivos, salvo el hombre, son meros mecanismos.

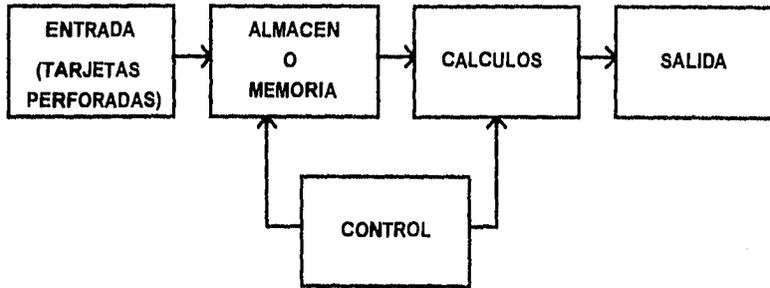
**LOS AUTOMATAS EN EL RENACIMIENTO.-** A partir del Renacimiento comienza el desarrollo del actual concepto de ciencia, y en este desarrollo se dan dos aportaciones a la I.A.: por un lado continúa la construcción de autómatas que imitan el movimiento del cuerpo humano hasta el grado de que Le Métríé, en 1747, afirmó que en el futuro se construirían seres humanos mecánicos, y por otro lado se inicia el desarrollo de las Matemáticas basado en los números arábigos, lo cual sustentó toda una gama de dispositivos orientados a la realización automática de cálculos numéricoa, como las máquinas de cálculo diseñadas por Pascal y Leibniz.

**LOS AUTOMATAS EN LOS SIGLOS XVIII, XIX Y XX.-** Los trabajos más notables del siglo XVIII se deben a Vaucason: en 1718 conatruyó un pato mecánico capaz de nadar, batir las alas, comer y defecar de manera simulada; en 1737 construyó un flautista del cual presentó una memoria descriptiva a la Academia de Ciencias de Francia, este androide podía ejecutar 12 piezas distintas y mover los dedos con gran precisión, tenía una válvula que hacía las veces de lengua y aumentaba ó disminuía la corriente de aire que entraba por la flauta según la necesidad de los sonidos. Otros autómatas debidos a este autor fueron: un tamborilero que tocaba en el flautín unas 20 contradanzas acompañándose de un tamboril, un áspid mecánico para una representación de la obra "Cleopatra", un cordelero capaz de tejer una tela con flores y al morir se dedicaba a construir un autómatas en cuyo interior se vería todo el mecanismo de la circulación de la sangre.

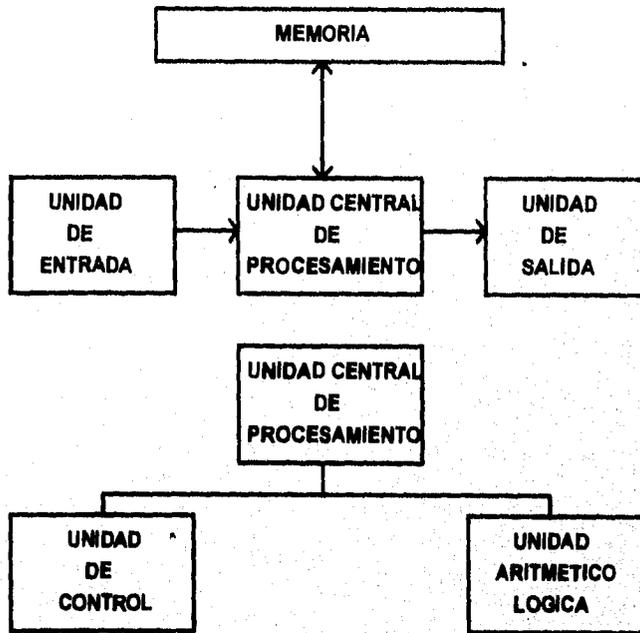
En el siglo XIX Babbage construye su "Máquina Analítica" la cual se considera la primera calculadora artificial. Se trataba de un artefacto basado en engranes y ruedas dentadas de madera lo cual supuso un gran costo. Aunque la Máquina Analítica no llegó a ser explotada y dejó en la ruina a su autor sirvió para mostrar definitivamente la viabilidad de la idea de construir un dispositivo artificial capaz de realizar cálculos complicados que en cierto sentido podrían ser calificados de inteligentes, además de la semejanza de la estructura de dicha Máquina con las computadoras modernas (ver Ilustración XI).

A principios del siglo XX también se construyeron autómatas sobre todo para exhibiciones mundiales: en 1907 Ireland presentó en Londres un autómata que paseaba como persona y en Francia se presentó, en 1929, un perro mecánico llamado "Philidog" capaz de seguir el rayo luminoso de una linterna y de ladrar si la intensidad luminosa era excesiva. En la exposición de la Model Engineer Society de 1928 fue inaugurada por el androide "Eric", inspirado en la novela R.U.R. de Capek y que mediante mecanismos electromecánicos podía levantarse, mover la cabeza y difundir programas de radio mediante un altavoz colocado en su garganta. En la Feria Mundial de Nueva York de 1939 la Westinghouse Co. presentó a "Elektro", un robot capaz de hacer veintiseis movimientos distintos además de responder a instrucciones habladas que convertía en impulsos eléctricos que controlaban una serie de motores, y a "Sparko", el perro robotizado acompañante de Elektro capaz de ladrar y mover la cola.

**LOS AUTOMATAS EN LA ACTUALIDAD.** En la actualidad sólo se construyen autómatas como juguetes para entretenimiento infantil. Sin embargo, el desarrollo de los robots ha sustituido a los Autómatas y son aplicados en numerosas situaciones prácticas como en investigaciones marítimas, espaciales y subterráneas (las cuales pueden ser de alto riesgo para humanos), en Medicina, en la Industria y en muchos otros campos, y de hecho la Robótica se ha constituido en una de las partes de



**ESQUEMA BASICO DE LA MAQUINA ANALITICA DE BABBAGE**



**ESQUEMA BASICO DE UNA COMPUTADORA ACTUAL**

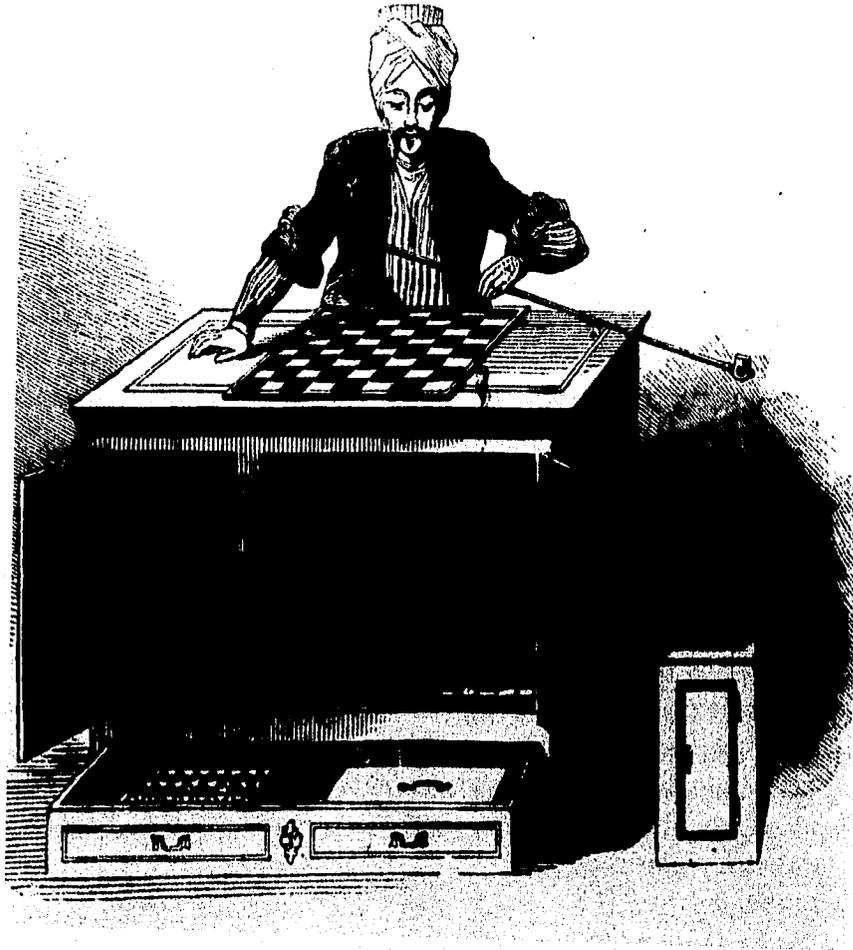
**ILUSTRACION XI. COMPARACION DE LA MAQUINA ANALITICA CON EL ESQUEMA DE UNA COMPUTADORA ACTUAL**

la Inteligencia Artificial (como se verá cuando se analicen los campos de aplicación de la I.A.) que más resultados prácticos han dado y que de hecho se ha constituido en una floreciente industria en países como Japón, U.S.A. y Alemania.

**LOS AUTOMATAS Y LOS JUEGOS DE MESA.**- Las referencias que más interesan en este trabajo de tesis son aquellas respecto a autómatas contruidos para jugar Juegos de Mesa, los cuales se mencionan a continuación:

A principios del siglo XVIII el barón Wolfgang von Kempelen, ingenioso mecánico, presentó un androide que vestido de turco no sólo jugaba al Ajedrez sino que ganaba sus partidas. El muñeco, construido en Viena en 1769, estaba sentado detrás de una mesa y tenía enfrente un tablero de Ajedrez en el que desafiaba a jugar a los curiosos, moviendo las piezas certeramente con la mano izquierda. Este androide realizó una gira por Europa y jugó incluso contra Napoleón I y contra Catalina de Rusia. Aunque antes de cada partida el barón abría todos los compartimientos de la mesa poniendo al descubierto palancas, engranes, tambores y cilindros se decía que en realidad quien realizaba las jugadas era una persona de baja estatura oculta bajo la mesa y que mantenía contacto con el tablero mediante una serie de imanes fijados a las piezas (ver Ilustración XII).

Otros autómatas jugadores de Ajedrez fueron el androide debido a Malzel (contemporáneo del barón de Kempelen) que también era capaz de jugar al Solitario y a las Damas, y el ajedrecista debido a Torres de Quevedo, quien en 1912 construyó un autómata especializado en cierras de partida de Rey negro contra Peón y Rey blancos y que fue considerado en su época como un importante logro de mecánica clásica. El autómata funcionaba mediante una base metálica que hacía contacto con las casillas del tablero a fin de obtener información mediante los respectivos contactos eléctricos de la posición del Rey negro. Quevedo presentó su autómata en el Congreso de Cibernética de 1951 y se dice que venció a Norbert Wiener, el famoso creador de la Cibernética.



**ILUSTRACION XII.- EL TURCO JUGADOR DE AJEDREZ DE  
WOLFGANG VON KEMPELEN**

A los autómatas jugadores de Ajedrez y de Damas siguieron aquellos que jugaban a los Naipes, y en 1875 presentó en Londres Mr. Maskelyne el autómata "Psycho" que además de jugar a los Naipes con los visitantes resolvía complicadas operaciones matemáticas.

**LA AUTOMATIZACION DEL INTELECTO.** Pasemos a analizar ahora la segunda tendencia en el desarrollo histórico de la I.A.: la posibilidad de automatizar las capacidades intelectuales del ser humano mediante el desarrollo de teorías matemáticas.

Los filósofos de la Antigüedad, como Aristóteles, asociaron la inteligencia con el cálculo lógico-matemático haciendo una clara distinción entre la memoria -capaz de almacenar datos literales- y la capacidad de formular razonamientos siguiendo las leyes de la lógica.

Durante la Edad Media el español Ramón Llull describe en su obra "Ars Magna" las características que debería tener un artilugio capaz de resolver cuestiones de Teología, Metafísica y Ciencias Naturales. Este autor se basó en las ideas de los árabes sobre el desarrollo de un cierto aparato capaz de realizar cálculos teológicos, inspirado posiblemente en el funcionamiento del astrolabio (instrumento utilizado para orientar la navegación marítima mediante los astros).

Las aportaciones de los matemáticos fue determinante en el desarrollo de la Lógica Matemática. Así se tiene que Leibniz trató de desarrollar un álgebra universal que permitiera deducir todas las verdades ya que como él mismo escribió: "así, si surgieran controversias no habría necesidad de mayor disputa entre dos filósofos pues bastaría que tomando en sus manos el lápiz se sentaran frente a sus pizarras y se dijeran: calculemos". Por su parte Descartes retomó las ideas de Aristóteles durante el Renacimiento considerando que una máquina, para que pudiera ser considerada como pensante, tendría que ser capaz de realizar cálculos matemáticos. Otros matemáticos que realizaron interesantes aportaciones fueron Euler quien contribuye a la Lógica con sus famosos diagramas, Bolzano quien inventa un lenguaje semiformal para sus investigaciones sobre Lógica, y Lambert quien utiliza las

operaciones de suma, resta, multiplicación y división para realizar operaciones lógicas.

Al llegar el siglo XIX los matemáticos sienten la necesidad de buscar para sus razonamientos bases más sólidas que la mera intuición. De esta manera se impulsa definitivamente el desarrollo de la Lógica Matemática con exponentes como B. Russell, Hilbert y Whitehead quienes reducen el razonamiento a la manipulación abstracta de cadenas de símbolos.

En 1847 Boole representa lo que denomina "operaciones necesarias para el pensamiento" por medio de un álgebra simbólica que en la actualidad es empleada en el diseño de sistemas digitales y de computadoras. El álgebra simbólica utiliza una notación diferente a la del álgebra tradicional y se basa en el cálculo de proposiciones para determinar valores de verdad (falso ó verdadero) de las proposiciones analizadas.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial surge la teoría de la Computabilidad la cual proporciona el vínculo entre la formalización del intelecto y las modernas computadoras que estaban a punto de surgir al término de esta contienda. A la aparición de las primeras máquinas electrónicas de cómputo siguieron los intentos por aplicarlas a lo que hoy conocemos como Inteligencia Artificial.

**LA I.A. Y LA LITERATURA.**- La Literatura también jugó un papel importante en el desarrollo de la I.A.: en 1920 el escritor checo K. Capek difundió una palabra que actualmente es de uso cotidiano: "robot", con la que denomina a ciertos seres creados por el hombre para realizar las tareas que éste no quiere hacer los cuales se vuelven más poderosos que sus creadores, poniendo en riesgo su existencia; todo esto acontece dentro de su obra R.U.R. (Robots Universales de Rossum). El género literario de la Ciencia-Ficción tuvo su origen, de hecho, en la profusión de cuentos y novelas que sobre autómatas se publicaron en el siglo XIX (el ejemplo más famoso es la novela "Frankenstein", de J. Searle Dawley) donde algunos escritores como Capek consideraron a los robots como algo negativo mientras que otros como Aaimov consideraron a los robots

como algo positivo para el ser humano: en su obra "Robbie", por ejemplo, Asimov relata la estrecha relación entre una niña y un robot. Muchas de estas obras han sido llevadas incluso al cine: "La Guerra de las Galaxias", "2001: Odisea del Espacio", "Metrópolis", etc. Mediante la Ciencia-Ficción se ha imaginado la relación hombre-máquina sin las limitaciones del mundo real concibiendo todo lo relacionado con I.A. como algo a veces benéfico, a veces perjudicial. Sin embargo en la realidad la I.A. aún no ha logrado desarrollar robots ó programas que siquiera se parezcan remotamente al ser humano, por lo menos hasta la fecha.

**LA I.A. Y LA CIBERNÉTICA.** Un último elemento importante que conviene citar es el desarrollo de la Cibernética con sus conceptos de retroalimentación, control, sistemas autogovernados, etc. y cuyo origen se debe a Norbert Wiener y otros quienes pusieron énfasis en la conducta global de sistemas "localmente sencillos". La Cibernética influyó en muchos campos debido a lo siguiente:

a) Por ser un campo interdisciplinario que une en sí campos diversos como la fisiología neuronal de MacCullosh y Pitts, la teoría de la Información de Shannon, la Lógica Matemática, las teorías de N. Chomsky acerca del lenguaje y la naciente tecnología informática. De esta forma las ideas de la Cibernética influyeron fuertemente en los primeros investigadores de la I.A.

b) Por aportar una idea de gran trascendencia (devida a Wiener en 1948): el que la Cibernética era una ciencia aplicable tanto a los sistemas biológicos como a los artificiales, sentando así la base para analizar un sistema de I.A. desde la perspectiva de las ciencias del comportamiento como la Psicología.

**LA DÉCADA DE LOS 50's: EL NACIMIENTO DE LA I.A.** A continuación se verá cómo fue el nacimiento formal de la I.A. y algunos de los hechos más relevantes desde su origen formal, destacando aquellos relacionados con los Juegos de Mesa.

En 1949 Claude Shannon presenta una ponencia en un congreso en Nueva York titulada "Programando una Computadora jugadora de Ajedrez". Esta obra es muy importante por tres razones:

a) Es el primer antecedente formal sobre el tema de la I.A. aplicada a un Juego de Mesa (el Ajedrez).

b) Un gran número de los conceptos que el autor propone se siguen utilizando todavía para desarrollo de programas de Ajedrez, por ejemplo: la técnica conocida como Mini-Max, que será explicada en el Capítulo siguiente.

c) Shannon fue el primero en señalar la importancia de los Juegos de Mesa para la I.A. ya que afirmaba que si se podían solucionar los problemas relativos a la programación de una computadora para que jugara al Ajedrez las ideas que se obtuvieran podrían ser muy valiosas para el desarrollo de programas que solucionarían problemas de complejidad similar en otros campos como en el diseño de circuitos electrónicos, situaciones complejas de circuitos telefónicos, traducción de idiomas y resolución de problemas de deducción lógica.

Otro de los pioneros de la I.A. fue Alan Turing. Este matemático inglés publicó en 1938 un trabajo titulado "Números Computables" donde expuso el concepto de "Máquina Universal de Turing", diciendo que esta máquina (que en realidad es un algoritmo) puede desarrollar cualquier procedimiento matemático siempre que se le proporcione una tabla adecuada de instrucciones (es decir: lo que se conoce actualmente como programa). El trabajo sobre "Números Computables" es aún considerado como un clásico no sólo de la I.A. sino de la Informática en general. Posteriormente Turing publicó otro trabajo titulado "Maquinaria de Computación e Inteligencia" en 1954, donde exponía la idea del Test de Turing, que consiste en establecer un diálogo entre una persona y una computadora (separados físicamente) a través de un teletipo: si la persona no puede distinguir si está dialogando con otra persona ó con una computadora se puede calificar a ésta de inteligente. Turing también se adelantó a su época al predecir algunas de las dificultades a que se

enfrentaría la I.A. en su desarrollo (por ejemplo: el hecho de que las personas se mostraran reacias a aceptar que una máquina fuera inteligente). Turing desarrolló junto con Champemowne (quien posteriormente hizo investigaciones sobre composición musical por computadora) un programa para jugar al Ajedrez llamado Turochamp.

En 1955 se crean los primeros lenguajes de I.A.: el IPL-II (creado por Newell, Shaw y Simon) y el LISP (creado por McCarthy), e incluso Newell y Simon aseguraban que dentro de diez años una computadora sería campeón mundial de Ajedrez y habría demostrado algún teorema matemático importante.

En 1956 se reúnen en Darmouth los principales investigadores en I.A. para discutir la Lógica Teórica (LT) desarrollada por McCarthy, Minsky, Rochester y Shannon. La LT fue considerada como el primer programa de I.A. y fue usada para resolver problemas de Heurística empleando los principios matemáticos de Whitehead y Rusell. Durante esta conferencia se acuña la expresión "Inteligencia Artificial" y se predijo que al cabo de 25 años las computadoras harían todo el trabajo de los seres humanos.

Otros acontecimientos importantes en esta década fueron: el desarrollo de un programa para resolver problemas de Geometría Elemental y la automatización de la integración simbólica mediante un programa muy famoso denominado MACSYMA.

**A. SAMUEL Y SU PROGRAMA DE DAMAS.-** El caso que se describirá ha sido uno de los más citados en logros de programas jugadores de Juegos de Mesa, por lo que será analizado con detalle. En 1959 Arthur Samuel, investigador de los Laboratorios Bell y profesor de la Universidad de Illinois, publicó un trabajo titulado "Estudios en máquinas de aprendizaje usando el juego de Ajedrez". En este trabajo Samuel describía lo siguiente en relación a su programa jugador de Damas que "aprendía" a medida que jugaba :

a) Las razones que lo impulsaron a desarrollar tal programa: para obtener presupuesto con el fin de comprar una computadora que sería empleada con fines de investigación. En efecto, Samuel pensaba que con su programa podría hacer algo tan espectacular como vencer al campeón mundial de Damas en el campeonato que ése año tendría lugar en Kankakee (lugar cercano a Illinois) con lo que atraería la atención de la universidad y del gobierno para obtener apoyo económico.

b) Las razones por las que eligió el Juego de Damas para programarlo: consideró que las Damas, comparado con el Ajedrez, era un juego bastante más fácil de implantar además de que pensó en un Juego de Mesa sobre el que no estuvieran trabajando otros grupos, ya que otras universidades trabajaban ya sobre el Ajedrez. Sin embargo, a medida que desarrollaba su programa Samuel se dió cuenta de que no sería una tarea sencilla: al momento de celebrarse el campeonato aún no estaba listo el programa.

c) Las características de su programa, que serán descritas a continuación.

**CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA DE A. SAMUEL.** - El programa jugador de Damas de Samuel tenía las siguientes características :

a) El "aprendizaje" se realizaba mediante el ajuste de parámetros del siguiente polinomio (denominado Función de Evaluación) :

$$c_1t_1 + c_2t_2 + \dots + c_{40}t_{40}$$

donde los términos  $t$  corresponden a parámetros relevantes a considerar para una posición del tablero (como control del centro del tablero, número de fichas rivales que se podían atacar desde tal posición y número de fichas propias que apoyaban tal posición, entre otros) siendo 40 el total de factores analizados; mientras que los términos ' $c$ ' son los coeficientes ó pesos asignados a cada parámetro  $t$ . Con esta función se obtenía un valor asociado a cada casilla analizada, de manera que el programa representaba el tablero como un conjunto de valores. El programa

siempre jugaba con una copia del conjunto original de manera que las modificaciones hechas en el transcurso de la partida se hacían en la copia. Al final de la partida, si el programa ganaba, se aceptaba la copia como nuevo original, mientras que si el programa perdía se retenía el original. De esta manera el programa podía "aprender" de sus errores.

b) Para analizar las posiciones del tablero el programa usaba la siguiente técnica: consideraba el tablero como una estructura de árbol (donde sólo se analizaban los primeros niveles del mismo ya que su profundidad, a medida que avanza la partida, se vuelve exorbitante) de manera que analizaba el tablero por ramas, donde una rama agrupaba un número de casillas relacionadas entre sí. A cada posición se le aplicaba la Función de Evaluación ya descrita. Cuando el programa acababa de analizar los primeros niveles se comparaban los valores obtenidos para cada posición y se elegía el más alto (ya que mientras más alto sea el valor de una posición se considera la misma como más estratégica), y en la siguiente jugada el análisis comenzaba a partir de esta posición, es decir: se consideraba como la nueva raíz del árbol. Mediante esta actualización de la raíz del árbol se ahorraban cálculos pues los valores de aquellas posiciones que ya hubieran sido analizadas ya no eran calculados de nuevo.

Las principales ventajas del programa de Samuel eran:

- La manera efectiva en la que "aprendía", descrita anteriormente.

- La modificación aleatoria, a intervalos regulares, de alguno de los valores que conformaban el conjunto de valores descrito en el inciso a). Esta modificación tenía el objeto de introducir nuevas variantes en la estrategia de juego del programa de forma que la misma no se volviera predecible después de jugar algunas partidas.

Por otra parte sus principales desventajas eran las siguientes:

- Cuando el programa no tenía conjunto de valores de partidas anteriores (es decir: no había jugado partidas previas) asignaba valores

aleatorios a los coeficientes de la Función de Evaluación para cada casilla y comenzaba el análisis a partir de estos valores. El problema era que cuando los valores no eran lo suficientemente buenos el programa tardaba mucho en aprender.

- El programa intercambiaba con alegría, siempre que se le presentaba la oportunidad, sus fichas con las del rival, sin considerar que el capturar una ficha enemiga podía implicar el sacrificar una posición estratégica.

El programa de Samuel, a pesar de las desventajas mencionadas, demostró su efectividad al derrotar a su creador, y sus ventajas señaladas anteriormente fueron tomadas como punto de partida para desarrollar técnicas más refinadas y eficaces.

**LA DECADA DE LOS 60's: LOS AÑOS DIFICILES.** - A pesar de los éxitos mencionados, la I.A. enfrentó fracasos que desanimaron a muchos gobiernos a seguir apoyando financieramente proyectos de este tipo, sin embargo los investigadores de I.A. aprendieron de sus errores y buscaron nuevos enfoques para resolver viejos problemas.

Así, en 1965 la Universidad de Stanford comenzó a investigar sobre Sistemas Expertos con su Proyecto de Programación Heurística (HPP), que actualmente sigue vigente bajo la dirección de Feigenbaum. En este año comienzan las investigaciones sobre el primer Sistema Experto: el DENDRAL, que analiza información sobre componentes químicos para determinar su estructura.

En 1966 aparece un programa para estudiar la comunicación hombre-máquina mediante lenguaje natural interactivo: ELIZA, creado por Weizenbaum como un programa de Psicología que simula las respuestas de un terapeuta en diálogo interactivo con un paciente. En este año Greenblat empieza a desarrollar un programa para jugar al Ajedrez capaz de competir con éxito en torneos.

Entre 1968 y 1972 se construyó por parte de la SRI Internacional un robot móvil llamado SHAKEY, capaz de recibir instrucciones y planear acciones inteligentes para realizar tareas. También en 1968 Minsky publicó su libro "Procesamiento de Información Semántica" donde se describen programas que contestan preguntas sobre analogías geométricas y sobre pruebas de coeficiente intelectual IQ.

A partir de 1969 se produjo la "institucionalización" de la comunidad científica que trabajaba en I.A. al tener lugar el primer Congreso Internacional de Inteligencia Artificial, de este modo las comunicaciones antes dispersas por los Congresos de Informática, Lingüística, etc. pudieron presentarse en conjunto ante un auditorio más homogéneo.

**LA DECADA DE LOS 70's: COMIENZA EL DESPEGUE.** En 1970 apareció el primer número de la revista "Inteligencia Artificial" que desde entonces publica trabajos acerca de las investigaciones más destacadas en este campo. El enfoque de las investigaciones se trasladó de las reglas y procedimientos generales de deducción a la acumulación de conocimientos concretos acerca de un campo bien delimitado de la realidad. Por otra parte continúa el desarrollo de Sistemas Expertos como el MYCIN ó el PROSPECTOR. Los Sistemas Expertos alcanzaron una sorprendente efectividad al momento de responder a complicados diagnósticos médicos ó de prospección minera. Esto se conseguía limitando el razonamiento a un ámbito restringido del mundo real, acumulando en el programa una cierta cantidad de conocimientos. En esta época una de las principales actividades fue el diseño de Sistemas Expertos. Surge así la Ingeniería del Conocimiento que abarca técnicas y herramientas para la representación, recolección y empleo de conocimiento experto en un campo dado. El mismo año (1970) Myera y Pople, de la Universidad de Pittsburgh empiezan a trabajar en el sistema INTERNIST para ayudar a los médicos en el diagnóstico de enfermedades, y Colmerauer empieza el desarrollo del lenguaje de programación PROLOG.

Entre 1971 y 1976 la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados para la Defensa de los U.S.A. (DARPA) financió las

**ESTA TESTIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

investigaciones relacionadas con la capacidad de comprensión del lenguaje dentro del Programa de Investigación para Comprensión del Lenguaje (SUR); algunos de los programas resultantes fueron: SPEECHLIS, HWIN, HEARSAY I y II, DRAGON y HARPY.

En 1975 DARPA financia la primera investigación en Visión Artificial mediante el Programa de Comprensión de Imagen, que incluye un desarrollo de la teoría de la visión y del hardware para procesamiento de imágenes. En este mismo año Colmerauer redefine el lenguaje PROLOG mediante Programación Lógica en vez de por procedimientos. De esta manera se libera al programador de la necesidad de especificar los procedimientos de resolución de un problema, teniendo que enunciar sólo los hechos y reglas conocidas y señalar las metas que se quiere alcanzar. La aparición de los Lenguajes Declarativos fue un paso importante para la I.A..

**SITUACION ACTUAL (DECADAS DE LOS 80's Y 90's).**- Grandes corporaciones como IBM, Hewlett-Packard, DEC, Tektronix, Hitachi y Sony realizan investigaciones en I.A. con fines comerciales. Por otra parte, las investigaciones académicas en I.A. continúan en muchas universidades del mundo entre las que destacan Stanford, MIT, Carnegie-Mellon, Edimburgo y Sussex; respecto a México además de las investigaciones que se realizan en instituciones como la UNAM y el IPN existe la Sociedad Mexicana de I.A. que ofrece información de los últimos logros mundiales sobre este campo. Japón ha lanzado un ambicioso plan para el desarrollo de Computadoras de Quinta Generación, y se continúa el desarrollo de Sistemas Expertos aplicados a campos específicos como diagnóstico de enfermedades, investigación geológica, análisis de circuitos electrónicos e incluso aplicaciones domésticas como por ejemplo en recetas de cocina. La tendencia en el futuro es que los precios de los Sistemas Expertos bajen por lo que estarán a disposición del público en general.

**ENFRENTAMIENTOS MAQUINA-HOMBRE Y MAQUINA-MAQUINA EN JUEGOS DE MESA.**- Una vez hecho un breve bosquejo de la evolución tanto de la I.A. en general como de la I.A. aplicada a Juegos de Mesa se describirán a continuación los enfrentamientos más famosos entre

computadoras y humanos ya que el nivel de juego alcanzado por las computadoras es directamente proporcional a los logros alcanzados por la I.A. en Juegos de Mesa, y comparando el nivel de juego de las computadoras con el de los humanos se tendrá una idea de los logros de la I.A. en Juegos de Mesa. La mayoría de los enfrentamientos a describir han tenido lugar en torneos oficiales lo cual les da mayor interés, y abarcan los Juegos de Mesa más populares como Backgammon, Damas y, por supuesto, el rey de los Juegos de Mesa: el Ajedrez. También se describirán algunos enfrentamientos famosos entre computadoras.

El primer antecedente de un enfrentamiento máquina-hombre en Juegos de Mesa se remonta a 1968, cuando el MI (Maestro Internacional, una de las máximas categorías que se puede alcanzar en el Ajedrez profesional) David Levy realizó una apuesta pública con un grupo de investigadores de I.A.: la apuesta consistía en que este grupo no podría desarrollar un programa capaz de vencer a Levy en un plazo máximo de 10 años. El grupo de investigadores desarrolló un programa, llamado "Chess 4.5", que incluso ganó el torneo anual de Ajedrez entre computadoras de 1976. Sin embargo, cuando este programa jugó contra el MI Levy en 1977 fue derrotado por un amplio margen: los programas jugadores de Ajedrez aún no "jugaban" a un nivel aceptable.

En 1970 la ACM (Asociation Chess Manufacturers) instituyó el primer torneo de Ajedrez entre computadoras en Estados Unidos. La sexta edición de este torneo fue ganada, como ya se mencionó, por el programa "Chess 4.5". Una de las ediciones más interesantes de este torneo tuvo lugar en 1972, el mismo año en que Fischer y Spassky disputaban uno de los campeonatos de Ajedrez más publicitados de la historia: una computadora de Illinois retenía el título de campeona norteamericana de Ajedrez entre computadoras después de vencer a ocho retadoras electrónicas. Lo interesante de esta edición radica en los comentarios realizados por quienes programaron las computadoras competidoras: todos coincidían en que aunque teóricamente una computadora podía valorar la complejidad casi infinita de una partida de Ajedrez con rigor y velocidad inigualables para la mente humana aún no podían asimilar esa intuición intangible de los grandes maestros como Fischer y Spassky

para planear estrategias a largo plazo ó, en palabras de uno de los programadores: "las computadoras podían apagar fogatas, pero no advertían cuando se incendiaba todo el bosque". Otro de los comentarios comunes fue sobre la actitud tomada por los programas ante situaciones críticas en una partida: no arriesgar en lo mínimo, sino realizar siempre jugadas que implicaran un riesgo mínimo. Para el desarrollo de los programas participantes trabajaron conjuntamente ajedrecistas, matemáticos y programadores, marcando así la pauta a seguir en los torneos de los años siguientes. El más reciente campeón de este torneo es un programa llamado "Belle", que utiliza una combinación de diferentes técnicas en vez de limitarse al empleo de una sola, estas técnicas abarcan: obtención de jugadas válidas para cada pieza en el tablero, asignación de valores de prioridad a cada jugada válida, análisis de jugadas especiales como enroques y tomas de peones "al paso", manejo de una Base de Conocimientos con aperturas conocidas y el uso de ciertas características de hardware (por ejemplo: el uso de más de un procesador a la vez) para obtener una evaluación de jugadas más rápida. Esto da una idea de la complejidad de este programa.

En 1979 el entonces subcampeón mundial de Ajedrez, V. Korchnoi, jugó una memorable partida contra la campeona mundial de computadoras de origen norteamericano "Chess 4.8". A pesar de que la campeona electrónica jugaba a una velocidad increíble Korchnoi la derrotó con cierta facilidad, aunque la situación de ese año a la fecha ha cambiado pues los avances de la I.A. en Ajedrez han sido enormes.

A principios de la década de los 80's se otorgaba a las mejores computadoras ajedrecistas una clasificación de 1950 puntos, lo cual las colocaba en la categoría de Expertos. Esta clasificación, aunque está por encima de la media nacional de países como Estados Unidos, seguía aún muy por debajo de los niveles de competencia humana internacional: un Maestro Internacional tiene una clasificación de 2700 puntos, y un Gran Maestro Internacional tiene una clasificación mucho mayor.

A pesar de las derrotas iniciales, la I.A. aplicada a Juegos de Mesa logró avances importantes que permitieron a las computadoras obtener

sus primeras victorias: en 1980 el programa "Chess 4.7" desarrollado por la universidad North Western venció al MI D. Levy (sí, el mismo que en 1977 ganó una apuesta pública a un grupo de Investigadores de I.A.) en un torneo oficial. En 1982 el programa "Chess Champion Mark V" desarrollado por la empresa SciSys venció al Gran Maestro John Nunn en cinco de seis partidas jugadas; este mismo programa encontró tres soluciones válidas a un famoso problema de Ajedrez propuesto por Zagorujko, del cual se creía sólo tenía una solución.

La mejor computadora ajedrecista del mundo en la actualidad se denomina "Deep Thought" ("Pensamiento Profundo" en español) la cual cuenta con dos procesadores que le permiten analizar 500 000 posiciones por segundo, lo que le confiere la categoría de Gran Maestro Internacional. Aunque "Deep Thought" no está programada para aprender (ya que no corrige sus propios errores) almacena en memoria una cantidad de aperturas tal que un humano no podría memorizar. **EN 1996 UNA VERSION MEJORADA DE "DEEP THOUGHT"** (con una velocidad mil veces mayor que la original según sus creadores, quienes incluso habían declarado que esta versión acabaría con la supremacía humana en Ajedrez antes del año 2000) **VENCIO AL CAMPEON MUNDIAL DE AJEDREZ G. KASPAROV**, marcando así un hito en la historia de la I.A. aplicada a Juegos de Mesa: la pregunta planteada en el Capítulo I (referente a si algún día una computadora obtendría el campeonato mundial de Ajedrez) ha tenido ya una respuesta afirmativa. Y ya existen computadoras que generan sus propios programas de Ajedrez: el sistema ID3, por ejemplo, genera programas de Ajedrez cinco veces más eficientes que los desarrollados por seres humanos<sup>(5)</sup>.

La Tabla V resume algunas otras fechas importantes en la historia del Ajedrez por computadora, incluyéndose algunas referentes a enfrentamientos hombre-máquina.

---

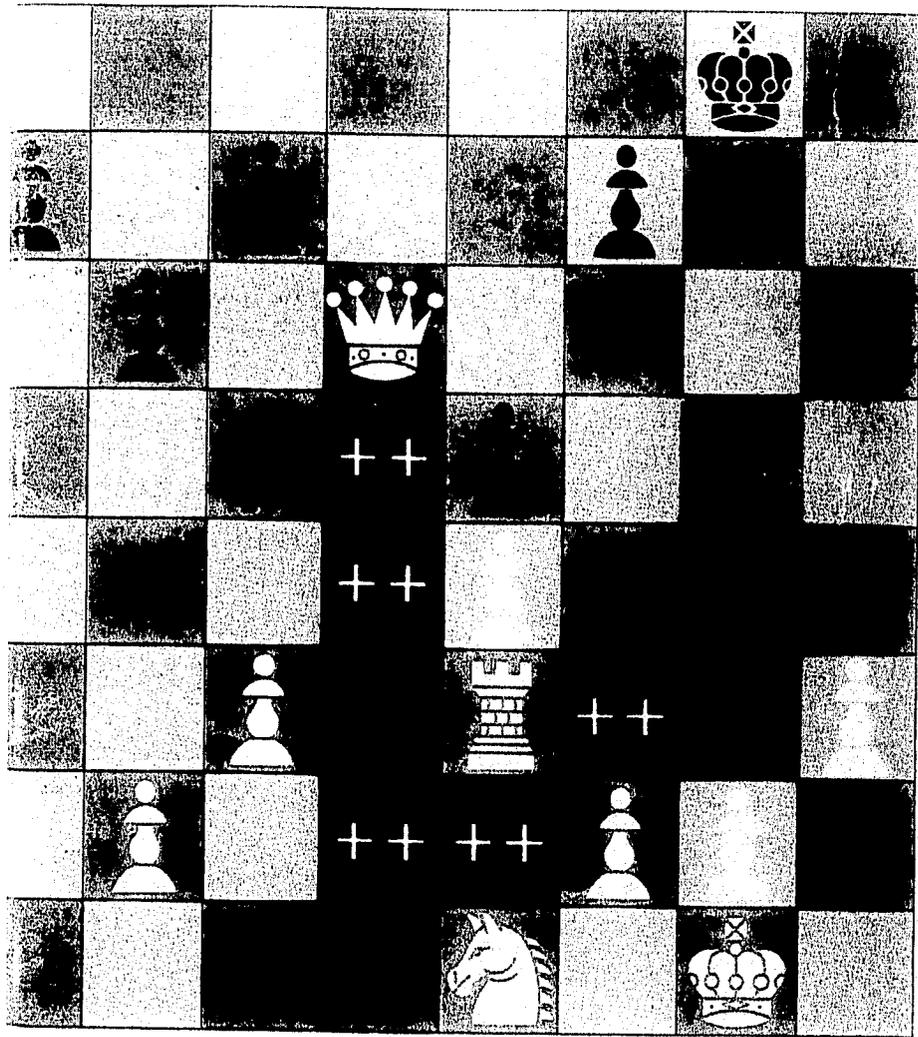
(5) Simons, G.L. "Introducción a la Inteligencia Artificial". Editorial Díaz de Santos. Madrid, 1987. pág. 99-101.

**TABLA V.- CRONOLOGIA DE ALGUNAS FECHAS  
IMPORTANTES EN LA HISTORIA DEL AJEDREZ POR  
COMPUTADORA (\*)**

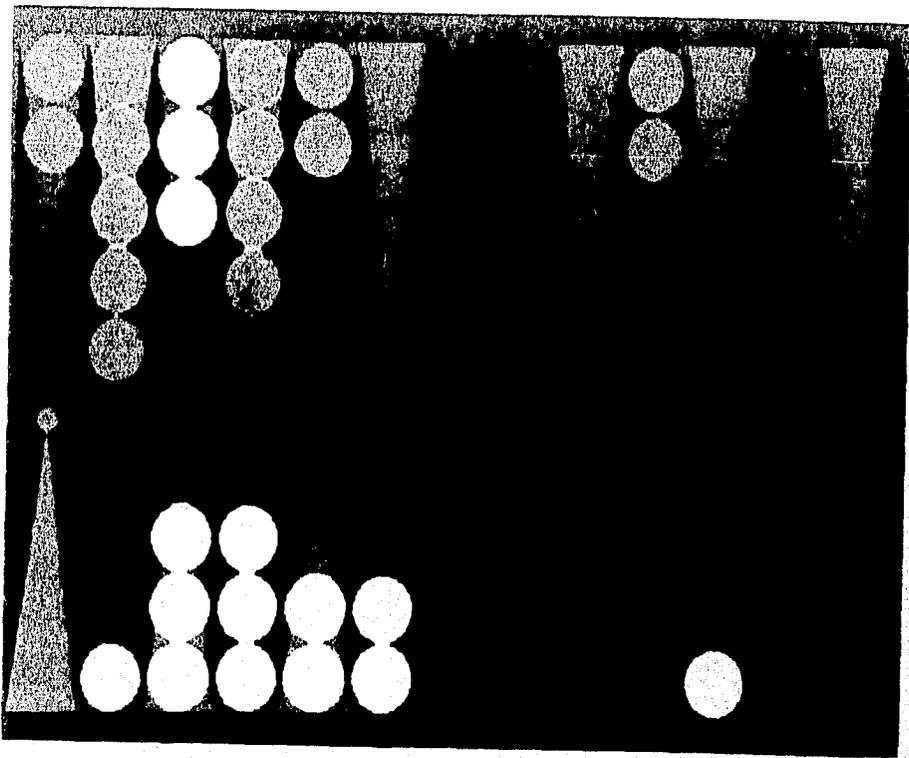
1864	C. Babbage especula sobre la manera en que podría jugar al Ajedrez una máquina.
1950	C. Shannon, basándose en la Teoría de Juegos, desarrolla su técnica "Mini-Max".
1966-67	Un programa de Ajedrez soviético derrota a un programa norteamericano en un encuentro a distancia.
1972	Los lectores de una revista soviética especializada en Ajedrez juegan contra el programa "Kaissa". Las jugadas se escogieron por votación.
1974	Primer campeonato mundial de Ajedrez entre computadoras. Vencedora: "Kaissa" (U.R.S.S.)
1980	Primer campeonato mundial de Ajedrez entre microcomputadoras, venciendo la computadora norteamericana "Chess Challenger".
1990	La computadora "Deep Thought" es la primera en alcanzar la categoría de Gran Maestro Internacional, que la coloca al nivel de los mejores ajedrecistas mundiales.
	La microcomputadora alemana conocida como Mephisto Portorose 68030 es la primera microcomputadora en alcanzar la categoría de Maestro Internacional.
1996	Una computadora derrota en un encuentro al campeón mundial G. Kasparov.

(\*) .- FUENTE : "Ajedrez, Cibernética y Psicología ". Marcelo Castillo. Revista Ciencia y Desarrollo. Enero-Febrero 1991, vol. XVI, núm 96. pág. 117.

**ILUSTRACION XIII.A. - INTERFASE DEL PROGRAMA PARA  
AJEDREZ DESARROLLADO POR ZOBRIST Y CARLSON EN  
1972**



**ILUSTRACION XIII.B. - INTERFASE DEL PROGRAMA BKG 9-8  
QUE GANO EL TORNEO MUNDIAL DE BACKGAMMON EN 1979**



Respecto a otros Juegos de Mesa como el Bridge, el Póker, el Backgammon y las Damas las computadoras han alcanzado niveles semejantes a los logrados en Ajedrez. Ya se mencionó el programa de Damas de A. Samuel, que fue capaz de derrotar a su creador. En 1979 en un torneo celebrado en Montecarlo, el programa BKG 9-8 desarrollado por la universidad Carnegie-Mellon venció al campeón mundial de Backgammon Luigi Villa en cuatro de las cinco partidas jugadas, con lo que se proclamó primera campeona mundial de este antiguo juego.

**PERSPECTIVAS DE LA I.A.**- La Inteligencia Artificial ocupa el sitio más avanzado dentro de las Ciencias de la Computación y por ello no debe resultar raro que sea un campo de investigación y desarrollo que aún nos depare muchas sorpresas (inclusive su estudio se da en cursos de posgrado ó en los últimos niveles de una carrera universitaria en Computación). En general se puede considerar un campo abierto a la investigación en todas las áreas que abarca la I.A. y que serán vistas a continuación.

**DEFINICIONES BASICAS DE I.A.**- A continuación se definirán algunos de los principales términos sobre I.A. (que ya han sido empleados ó bien que serán empleados posteriormente) aclarando que las definiciones serán dadas de manera somera pues por sí mismas constituyen temas aparte, por lo que no serán vistas de forma profunda.

**SISTEMA EXPERTO.**- También conocido como Sistema basado en Conocimiento, se define como un conjunto de programas capaces de resolver problemas complicados y que requieren un elevado nivel de conocimientos. Se dice que un Sistema Experto se basa en Conocimiento porque emplea procedimientos y técnicas similares a las empleadas por los expertos humanos.

Los Sistemas Expertos tienen estas características:

a) **Capacidad de adquirir conocimientos.**- Un Sistema Experto no es capaz de aprender por sí mismo: el conocimiento del que dispone debe obtenerlo de un experto humano. Este conocimiento debe poder ser

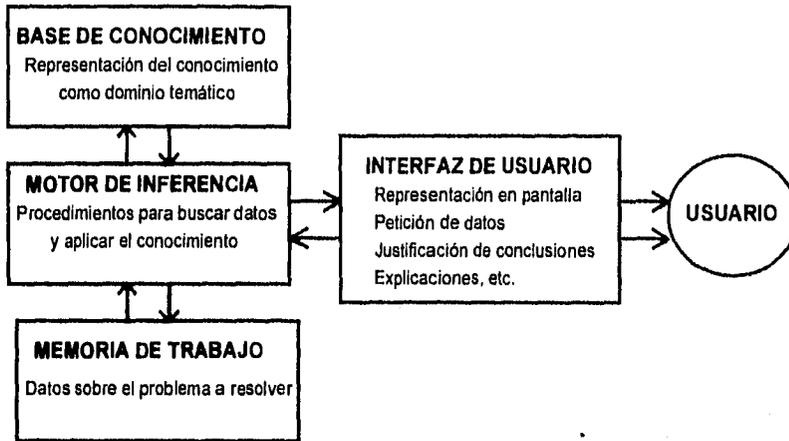
representado en el Sistema Experto de manera tal que sea aplicable a la resolución de problemas y que sea entendible por el usuario final.

b) **Fiabilidad.**- La fiabilidad que se da a un Sistema Experto depende de su capacidad para resolver problemas y para transmitir su conocimiento. Cabe señalar que actualmente los Sistemas Expertos tienen un alto grado de fiabilidad como lo demuestra el hecho de ser cada vez más empleados en múltiples campos como Medicina, Química, Matemáticas, Geología (en este campo los Sistemas Expertos han obtenido ya algunos triunfos contundentes como el descubrimiento de yacimientos de cobalto), Sismología y Educación, así como en diseño eléctrico y electrónico, aplicaciones comerciales y domésticas, control de tráfico aéreo y toma de decisiones.

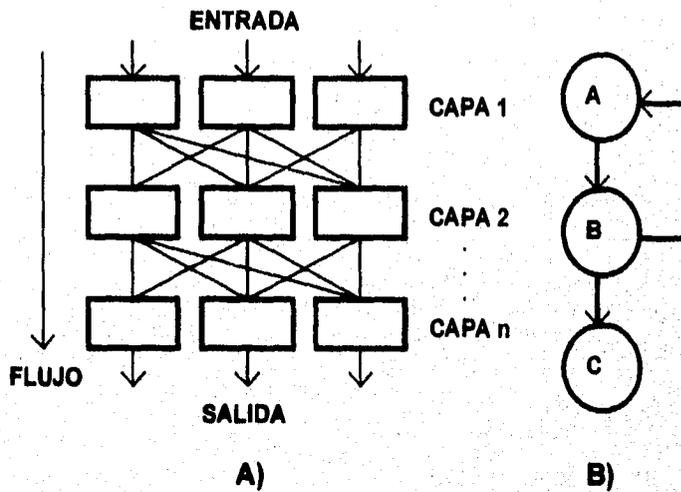
c) **Domínio de Conocimientos.**- Un Sistema Experto sólo maneja un conjunto de conocimientos referidos a un campo específico, debido a limitaciones físicas como la capacidad necesaria para almacenar el conocimiento y el tiempo y velocidad requeridos para su procesamiento, mientras que un experto humano puede manejar conocimientos referentes a varios campos del saber. Sin embargo, el tiempo empleado por un Sistema Experto para adquirir conocimiento es mucho menor que el empleado por un experto humano.

d) **Resolución de Problemas.**- Un Sistema Experto debe ser capaz de resolver problemas considerados difíciles con una eficacia similar a la de los expertos humanos. Es por eso que un parámetro de la eficacia de un Sistema Experto es que las soluciones que proponga a un problema sean las mismas (ó por lo menos parecidas) a las propuestas por un experto humano.

**ESTRUCTURA BASICA DE UN SISTEMA EXPERTO.**- Los Sistemas Expertos tienen la estructura mostrada en la ilustración XIV y que se explica a continuación:



**ILUSTRACION XIV.- ESTRUCTURA BASICA DE UN SISTEMA EXPERTO**



**ILUSTRACION XV.- ARQUITECTURAS DE REDES NEURONALES: A) DE FLUJO DIRECTO; B) RECURRENTE**

a) Base de Conocimientos.- La Base de Conocimientos es la parte "inteligente" del Sistema Experto pues es aquí donde reside el conocimiento ó información que éste tiene sobre un campo de aplicación específico.

b) Motor de Inferencia.- Conjunto de programas cuya función es aplicar el conocimiento almacenado en la Base de Conocimientos en la resolución de un problema concreto.

c) Memoria de Trabajo.- Es la parte del Sistema Experto que almacena los datos introducidos por el usuario sobre el problema que se desea resolver.

d) Interfaz de Usuario.- Son todos los procedimientos necesarios para que el Sistema Experto interactúe con el usuario: menús de selección de opciones, pantallas de introducción de datos por parte del usuario, presentación de los resultados en forma gráfica ó tabular, etc.

**REDES NEURONALES.**- Lo que se conoce acerca del cerebro humano es muy poco ya que se desconoce prácticamente todo lo relativo a los procesos intelectuales mencionados en el primer Capítulo. Sin embargo, a partir de las investigaciones de Ramón y Cajal se sabe que la estructura del cerebro está formada por una red de células nerviosas (neuronas) habiendo una gran conectividad entre ellas (en promedio cada neurona se conecta con otras diez mil) formando así una intrincada red nerviosa; la comunicación entre neuronas se realiza mediante impulsos eléctricos que viajan a velocidades de nanosegundos a través de esta red. Las Redes Neuronales son modelos matemáticos de este sistema complejo que es el cerebro humano y constituyen un intento por comprender mejor su estructura y funcionamiento simulándolo artificialmente. Sus características principales son:

a) Dado que se conforman por un conjunto de unidades menores acomodadas por capas (una capa es el conjunto de unidades que no estando conectadas entre sí lo están con unidades de otras capas) el funcionamiento global de una Red Neuronal depende del funcionamiento

realizado por cada unidad; el funcionamiento individual de una unidad comprende las señales que recibe, el procesamiento de las mismas y las señales de salida que emite.

b) Tienen una arquitectura específica que rige las conexiones entre las unidades que conforman la Red Neuronal; algunas de las arquitecturas de Redes Neuronales más empleadas son:

**-De Flujo Directo**, caracterizadas porque el envío de señales se da unidireccionalmente de ciertas capas de entrada a otras de salida. Ejemplos: el Perceptrón (que es una Red Neuronal multicapa) y el Adaline en sus distintas versiones como el Madaline.

**-Recurrentes**, caracterizadas porque una de sus unidades puede enviar señales a otra unidad que a su vez le está enviando información a la primera. Han sido empleadas sobre todo en reconocimiento de patrones visuales y constituyen una arquitectura más evolucionada que la anterior. Las dos arquitecturas descritas se muestran en la Ilustración XV.

c) Son aplicadas principalmente para la simulación del proceso de aprendizaje, utilizando para ello ciertas funciones matemáticas que les permiten identificar determinados patrones numéricos (que representan lo que se desea que aprenda la Red Neuronal como pueden ser las letras del alfabeto). Por ejemplo: las funciones para el Perceptrón y el Adaline son una función escalón y una función lineal respectivamente.

**HEURÍSTICA.-** La Heurística es el estudio de los procesos mentales del ser humano. A partir de este concepto la I.A. acuñó el término "Programación Heurística" el cual establece una nueva forma de programación de computadoras: mientras que la informática Convencional aborda los problemas mediante la filosofía del "procesamiento de datos" la Programación Heurística, aborda los problemas mediante la filosofía del "procesamiento del conocimiento" ya que no implanta algoritmos sino que simula artificialmente los procesos intelectuales del ser humano. Esta simulación artificial de procesos

mentales se realiza mediante el empleo de reglas donde una regla implica una condición del tipo:

Si: se cumple esta condición.

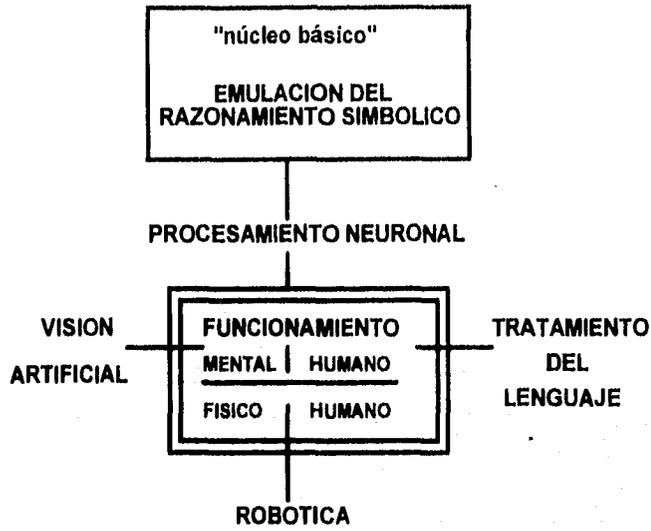
Entonces: realicese esta acción.

La condición que se debe cumplir para realizar la acción se conoce como "producción". A un conjunto de reglas se les aplica mecanismos que identifican las producciones que se cumplen en un problema dado para realizar así las acciones correspondientes. La Programación Heurística es muy empleada en Sistemas Expertos, donde el conjunto de reglas conforman la Base de Conocimientos y los mecanismos que se aplican corresponden al Motor de Inferencias.

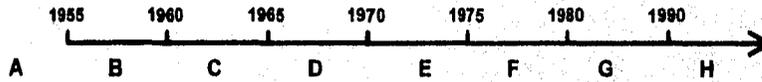
ROBOT.- Con este término se conoce a cualquier mecanismo que mediante elementos electrónicos, eléctricos y mecánicos imita los movimientos de una persona, manipulando elementos con cierto grado de autonomía.

AREAS DE INVESTIGACION DE LA I.A.- La Inteligencia Artificial estructura el comportamiento inteligente humano en cinco grandes áreas (ver Ilustración XVI) que dan lugar a las grandes líneas de Investigación en I.A. y que serán analizadas a continuación:

SIMULACION DEL RAZONAMIENTO SIMBOLICO.- El núcleo básico de las investigaciones en I.A. es aquel que trata de simular la forma de razonar de la mente humana cuando se enfrenta a problemas que no son resolubles mediante el mero cálculo y el problema típico de esta área es el desarrollo de máquinas y programas capaces de "jugar" al Ajedrez y las Damas. En esta área se han desarrollado nuevas formas de representar el conocimiento de una forma simbólica (redes semánticas, esquemas, marcos, etc.) y nuevas formas de manejarlo (modelización lógica de procesos de solución de problemas, sistemas basados en el conocimiento y herramientas metodológicas de I.A.). Sin embargo la idea básica es la misma: para simular los procesos mentales utilizados por la



**ILUSTRACION XVI.- AREAS EN QUE SE DIVIDE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**



**SIMBOLOGIA:**

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| A.- Prehistoria       | B.- Nacimiento    |
| C.- Primeros Clásicos | D.- Epoca Oscura  |
| E.- Renacimiento      | F.- Consolidación |
| G.- Comercialización  | H.- ¿?            |

**BREVE CRONOGRAMA DE LA HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

mente humana para resolver problemas no abordables por cálculo puro es necesario dotar a la computadora de dos elementos: de una representación simbólica del medio sobre el que ha de operar, y de algún tipo de estrategia capaz de operar sobre dicha representación simbólica para obtener conclusiones a partir de datos sobre el que se encuentra el medio en un momento dado.

Esta área se ha ampliado con el abordaje de muchos otros procesos vinculados con el pensamiento, por ejemplo: se ha trabajado en el aprendizaje automático, el razonamiento analógico basado en casos, la demostración automática de teoremas y otros procesos mentales de naturaleza simbólica y relacionados con el razonamiento.

**SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO NEURONAL.-** El núcleo de la I.A. (Simulación del Razonamiento Simbólico) tuvo su origen en la idea de cómo se podría programar en una computadora las estrategias heurísticas del razonamiento simbólico que realiza la mente humana. Dicho razonamiento simbólico se apoya en el funcionamiento fisiológico de las neuronas y por tanto se planteó la siguiente alternativa: ¿se quiere que una computadora funcione simulando la mente humana, ¿porqué no programarla para que funcione como un conjunto de neuronas conectadas como las del cerebro humano?. Fue así como en 1943 McCulloch y Pitts propusieron la idea de construir neuronas artificiales y con ellas diseñar un "cerebro artificial". Aunque su idea en un principio no tuvo continuidad porque no se propusieron ideas viables sobre cómo diseñar tal cerebro su idea reemergiría décadas más tarde dando lugar a lo que hoy se conoce como Redes Neuronales. Otra aproximación al funcionamiento de las neuronas es el desarrollado por Zadeh en 1965 y que se conoce como "Lógica Difusa" (Fuzzy Logic). En este caso no se trata de simular la arquitectura de las neuronas sino su funcionalidad, considerando que el funcionamiento neuronal no opera con una lógica expresada sólo con valores "sí/no" sino con "aproximaciones" intermedias entre ambos valores.

Los avances en Simulación del Funcionamiento Neuronal interesan tanto a los investigadores de I.A. como a los neurólogos, y de hecho

gracias a la colaboración entre ambos ha surgido una nueva disciplina conocida como Neurociencia.

**TRATAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL.-** Otra área de investigación de la I.A. es aquella orientada al estudio y simulación de los mecanismos que permiten a un ser humano articular sonidos de forma coherente para producir frases y expresiones lingüísticas. El área de Tratamiento del Lenguaje Natural tiene su origen en los trabajos de N. Chomsky que incluso originaron una nueva línea de investigación llamada Psicolingüística. Los avances obtenidos han puesto de manifiesto que para que un ente (máquina ó persona) sea capaz de comprender y producir discursos lingüísticos es imprescindible que posea algún tipo de representación del escenario al que se refiere el discurso (de ahí que no se perciba ni siquiera a mediano plazo que una computadora pueda producir poesía ó tener conversaciones de cierta complejidad con un ser humano). La colaboración entre la Lingüística, la Psicología y la I.A. se ha convertido así en más que necesaria para lograr avances en esta área.

**VISION ARTIFICIAL.-** Con este nombre se conoce el área que estudia las estrategias y mecanismos que permiten al ser humano interpretar las imágenes que capta del medio que lo rodea. Esta área no se limita a la imitación del funcionamiento del ojo humano (de hecho, con la invención de la cámara fotográfica y de la cámara de TV se resolvió esta cuestión) sino que se enfoca a la interpretación de la imagen captada lo cual dista de ser una tarea trivial: transformar una imagen pura (que es una disposición bidimensional con diversos patrones luminosos) en una disposición tridimensional de objetos identificables es uno de los problemas computacionales más complejos que se intenta resolver actualmente. De hecho, hasta que no se abordó el problema mediante la perspectiva de la I.A. no se consiguieron avances significativos en el mismo.

**ROBOTICA.-** La Robótica es el estudio de los mecanismos que permiten a una máquina moverse en un medio físico y/o manipular elementos físicos con cierto grado de autonomía. La Robótica tiene antecedentes muy antiguos, como se vió en lo referente al origen y

desarrollo de la I.A. con los famosos autómatas. Sin embargo, fue hasta la Revolución Industrial de fines del siglo XIX que comenzaron a aparecer robots orientados a tareas laborales comenzando así el verdadero despegue de la Robótica. Los primeros avances en el presente siglo se deben a Wiener, quien en 1948 inventó la Cibernética, que es la disciplina que estudia los sistemas capaces de autorregularse mediante retroalimentación (conocido también como "feed-back"). A partir de Wiener la Robótica se convierte en una disciplina consolidada, y a pesar de que algunos autores no consideran a la Robótica como parte de la I.A. (debido a que se enfoca al desarrollo de mecanismos automáticos más que al desarrollo de programas de computadora) en lo personal sí considero que la Robótica forma parte de la I.A. porque para construir un robot se tienen que considerar ciertas capacidades como la visión y el razonamiento, cuyo estudio indudablemente pertenece a la Inteligencia Artificial.

### **" CONSIDERACIONES SOBRE LA RELACION INTELIGENCIA ARTIFICIAL - JUEGOS DE MESA "**

En el segundo punto del presente Capítulo se harán algunas consideraciones respecto a la relación que tiene la Inteligencia Artificial con los Juegos de Mesa; para ello se verá primero cuál es la diferencia entre la Inteligencia Artificial y la Informática convencional para luego hacer algunas consideraciones finales.

**DIFERENCIAS ENTRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA INFORMATICA CONVENCIONAL .-** La Inteligencia Artificial es una rama de la Informática que se distingue de las demás ramas tanto por el tipo de problemas que aborda como por la forma en que lo hace. En efecto, lo que actualmente se entiende por Informática convencional hace referencia al uso de las computadoras para procesar algoritmos lógico-matemáticos capaces de realizar tareas procedimentales bien definidas, es decir: cualquier problema ó tarea que quiera ser abordado mediante técnicas y procedimientos de informática convencional es necesario que previamente haya sido analizado y descrito en términos de un procedimiento secuencial y sistemático que permita obtener la salida

correcta a partir de ciertos datos de entrada. De ahí que para que una computadora pueda realizar una tarea con éxito sea necesario describir mediante un programa todos los pasos a realizar para alcanzar el resultado deseado.

Aunque la Informática convencional ha sido aplicada con éxito en aplicaciones científicas e industriales, en herramientas informáticas (bases de datos, procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.), en aplicaciones comerciales (programas para nóminas y contabilidad) y en otros campos como diseño gráfico, digitalización de señales, procesamiento de imágenes, etc. existen muchos problemas que no pueden ser abordados mediante técnicas convencionales de Informática debido a las siguientes razones:

a).- No es posible reducir el problema a dimensiones razonables, es decir: no es posible describir los pasos a realizar de forma procedimental ó, en el mejor de los casos, la descripción obtenida es demasiado difícil de implantar ya sea por insuficiente capacidad de memoria del equipo a utilizar ó por dificultades técnicas de los lenguajes de programación convencionales.

b).- Simplemente no se sabe cómo describir el problema en términos entendibles para la computadora.

Un ejemplo típico de la primera razón es el juego de Ajedrez: si se intenta programar una computadora mediante técnicas de Informática convencional para que calcule sistemáticamente todas las posibles jugadas a partir del inicio de una partida pronto se desborda su capacidad de memoria.

Un ejemplo típico de la segunda razón es el diagnóstico médico, del cual aún no existe una fórmula lógico-matemática que permita obtener automáticamente un diagnóstico a partir de un conjunto de síntomas. Sin embargo, el ser humano es capaz de jugar al Ajedrez, de emitir diagnósticos médicos y de realizar muchas otras tareas (como mantener una conversación, identificar obstáculos, coordinar sus movimientos

corporales y aplicar el método científico para realizar descubrimientos e invenciones) mediante procesos mentales que implican no sólo la realización de cálculos, sino también la aplicación de aquellas capacidades intelectuales vistas en el punto "Consideraciones respecto al Intelecto y los Juegos de Mesa" del Capítulo anterior. De ahí que la diferencia principal entre la I.A. y la Informática convencional sea la siguiente: la primera intenta desarrollar programas de computadora y mecanismos que permitan simular los procesos mentales de manera que puedan realizar precisamente aquellas tareas que hasta ahora sólo puede realizar el ser humano, mientras que la segunda sólo se enfoca a desarrollar aplicaciones mediante técnicas procedimentales sin preocuparse por los procesos mentales inherentes al mismo.

**CONSIDERACIONES FINALES.** Para concluir con el presente Capítulo se hacen las siguientes consideraciones a partir de todo lo expuesto anteriormente en este Capítulo:

1.- La Inteligencia Artificial es una rama joven de la Informática que estudia los procesos mentales del hombre con el fin de crear programas y mecanismos que mediante la simulación de tales procesos realice tareas que hasta ahora sólo le son reservadas al hombre tales como las capacidades del habla, la visión y sobre todo la capacidad de resolver problemas y de hacer suposiciones, es decir: la capacidad de pensar. Asimismo la Inteligencia Artificial es un campo interdisciplinario pues se relaciona con otras ramas del saber como la Neurología, la Psicología y la Lingüística.

2.- Los Juegos de Mesa han sido del interés del hombre desde antes de que la Inteligencia Artificial surgiera formalmente como rama de la Informática, lo cual ha quedado de manifiesto mediante el desarrollo de una gama de autómatas, programas y mecanismos enfocados sobre todo a juegos tales como el Ajedrez, las Damas y el Backgammon.

3.- Otra razón por la que los Juegos de Mesa son un campo de investigación fértil para el avance de la Inteligencia Artificial es que representan un excelente campo para comparar los logros en el desarrollo

de "cerebros electrónicos" respecto a la inteligencia humana al tener que enfrentarse directamente unos con otros en partidas de Juegos de Mesa: esto demuestra que el desarrollo de programas enfocados a Juegos de Mesa no es una tarea trivial sino una oportunidad para la Inteligencia Artificial. Un hecho interesante es que aunque en tales enfrentamientos casi siempre ha predominado el hombre sobre la máquina ya existen dos antecedentes importantes de victorias de computadoras sobre jugadores humanos de alto nivel: el campeonato mundial de Backgammon de 1978 y la derrota del campeón mundial de Ajedrez ante una computadora este año (1996).

4.- La Inteligencia Artificial comprende 5 áreas a saber: Emulación del Razonamiento Simbólico, Robótica, Visión Artificial, Simulación del Funcionamiento Neuronal y Tratamiento del Lenguaje Natural. Los Juegos de Mesa caen propiamente dentro de la primera pues es aquí donde se estudian los procesos mentales propios del ser humano así como las formas de representar tales procesos y los mecanismos para manipularlo, mientras que las áreas restantes se enfocan a otros aspectos de interés para la Inteligencia Artificial pero que no se relacionan directamente con el estudio de los Juegos de Mesa.

**CAPITULO III**

**" LOS JUEGOS DE MESA, UN CAMPO  
AUN NO AGOTADO POR LA  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL "**

En el Capítulo anterior se vieron algunos conceptos básicos sobre Inteligencia Artificial así como su relación con los Juegos de Mesa a través del tiempo. En el presente Capítulo se verá primero la estructura básica de cualquier programa enfocado hacia algún Juego de Mesa para luego analizar la importancia de los Juegos de Mesa para otras áreas del conocimiento relacionadas con la Inteligencia Artificial así como el impacto social de los avances de la I.A. en Juegos de Mesa, para finalmente tratar de responder una inquietante pregunta: ¿la computadora sustituirá algún día al hombre?.

**Estructura de un programa de Juegos de Mesa.**- Hay dos razones por la que los Juegos de Mesa son un campo fértil para la Inteligencia Artificial :

a) Dan una manera estructurada en la que es muy fácil determinar los éxitos y fracasos.

b) No requieren grandes conocimientos (salvo las reglas del Juego de Mesa en cuestión) porque los Juegos de Mesa fueron concebidos para ser resueltos mediante un proceso de búsqueda y análisis de posiciones, partiendo desde una posición inicial hasta llegar a una posición que permita ganar la partida.

La primera razón es válida para todos los Juegos de Mesa. Desafortunadamente la segunda razón es, paradójicamente, la que origina gran parte de las dificultades de implantar un Juego de Mesa en computadora en casos tales como el Ajedrez y las Damas. Por ejemplo: para el caso del Ajedrez se tiene que:

- El número de posibilidades promedio en cada jugada es de 35.

- En una partida promedio, cada jugador realiza 50 jugadas.

- Por lo tanto, para realizar un proceso completo de búsqueda y análisis de posiciones en una partida promedio se tienen que examinar 35100 posiciones distintas.

De lo anterior resulta que un programa que simplemente se avoque a realizar un análisis de estas  $35^{100}$  posiciones no será capaz ni siquiera de elegir su primer movimiento durante un periodo que abarque la vida de una persona. De ahí que se requieran ciertas técnicas que permitan a una computadora analizar sólo aquellas posiciones prometedoras para llegar a una posición ganadora, de manera semejante a como lo hace una persona.

Una característica común a todos los procedimientos de búsqueda y análisis empleados en Juegos de Mesa es que son procedimientos del tipo "generación y prueba": por un lado cuentan con un algoritmo (el Generador) que genera del universo de movimientos posibles un conjunto de movimientos prometedores, y por otro lado cuentan con un algoritmo (el Verificador) que prueba cada uno de los movimientos generados para elegir el más prometedor. Resulta claro que para que éstos procedimientos sean efectivos realmente se debe cumplir lo siguiente:

- a) El algoritmo Generador sólo debe generar movimientos realmente prometedores.
- b) El algoritmo Verificador debe ser capaz de reconocer y analizar el mejor movimiento posible.

El Ajedrez representa el más claro ejemplo de lo anterior: si se usa un simple Generador de Movimientos Legales entonces será muy probable que el algoritmo Verificador (que por lo general se compone de un procedimiento de Búsqueda y de una Función de Evaluación) no realice una elección apropiada respecto al mejor movimiento posible debido a que como tiene que analizar muchas posibilidades (recordar que el factor promedio por jugada es de 35) debe hacer cada análisis lo más rápidamente posible. Ahora bien, si en lugar de un simple Generador de Movimientos Legales se usa un Generador de Movimientos Plausibles que genere un pequeño número de movimientos prometedores se tiene que el algoritmo Verificador tendrá mayores probabilidades de elegir el mejor movimiento ya que podrá analizar cada posibilidad con mayor detenimiento. Otro ejemplo son los programas jugadores de Go (variante japonesa del Ajedrez): el Generador debe ser muy selectivo en los

movimientos que genere para que el algoritmo Verificador pueda analizar cada una de éstos con más tiempo y producir así un resultado más confiable.

Cabe aclarar que en Juegos de Mesa, al igual que en otros campos de la I.A., los procedimientos de búsqueda y análisis no son la única opción. En el caso del Ajedrez, por ejemplo, donde las aperturas y los cierres de partida son altamente estilizados y definidos, resulta más efectivo el empleo de Bases de Datos que contengan patrones de las aperturas y los cierres de partida más empleados. De esta forma se tiene que para desarrollar un programa que "juegue" algún Juego de Mesa se debe combinar tanto procedimientos de búsqueda y análisis como técnicas no orientadas a la búsqueda como la antes mencionada.

La manera ideal en la que opera un procedimiento de búsqueda y análisis es generar posibilidades hasta que se alcance alguna que corresponda a un estado objetivo. En el contexto de los Juegos de Mesa, un estado objetivo es aquel que permite obtener la victoria sobre el rival. Desafortunadamente para el caso del Ajedrez esta manera ideal de operar no es posible ni siquiera con un buen Generador de Movimientos Plausibles debido a que la cantidad de jugadas a analizar es muy grande. Para resolver esto por lo general se generan árboles de búsqueda con una profundidad máxima de 10 movimientos (conocidos como "Ply" en la literatura de Juegos de Mesa) para luego elegir el mejor movimiento mediante una Función de Evaluación que permite comparar las posiciones finales que producirá cada movimiento.

Gran parte de los esfuerzos en el desarrollo de programas de Juegos de Mesa se han enfocado al desarrollo de Funciones de Evaluación. El tipo de Función de Evaluación más sencilla fue propuesta por Turing para el juego del Ajedrez, y consiste en calcular el cociente  $W/B$  (donde  $B$ =suma de valores de piezas negras en el tablero y  $W$ =suma de valores de piezas blancas en el tablero) para determinar qué jugador tiene ventaja de piezas (ya sea numérica ó en cuanto a calidad de piezas) en cada movimiento; la sencillez de esta Función radica en que da mayor importancia a la captura de piezas rivales que a la búsqueda de

posiciones estratégicas. Un tipo de Función de Evaluación más sofisticada fue propuesta por Samuel en su famoso programa de Damas, donde esta función es una combinación de varias funciones simples las cuales incluyen además de la ventaja de piezas otros factores como número de piezas propias con posibilidad de avance, control del centro del tablero, número de piezas propias con posibilidad de capturar alguna pieza rival y número de piezas sin posibilidad de movimiento, entre otros. Cada uno de estos factores se multiplicaba por un peso apropiado para finalmente ser sumados en conjunto, de manera que la Función de Evaluación de Samuel tenía la siguiente forma:

$$c1 \cdot \text{ventaja de piezas} + c2 \cdot \text{piezas que pueden avanzar} + c3 \cdot \text{control del tablero} + \dots$$

La principal dificultad a la que se enfrentó Samuel fue a la asignación de pesos a cada factor, por lo que empleó un mecanismo simple de aprendizaje en el que los pesos de aquellos factores que sugirieran movimientos para llegar a una posición ganadora eran incrementados, mientras que los pesos que aquellos factores que sugirieran movimientos que llevaran a una posición perdedora eran decrementados. La desventaja de este mecanismo de aprendizaje es que es muy difícil decidir si un movimiento conduce a una posición ganadora ó perdedora, por ejemplo: supóngase que un jugador realiza un movimiento pésimo, pero debido a que su rival no sabe aprovecharlo finalmente el primero gana la partida. Este problema de decidir a qué estado final conduce una serie de acciones fue bautizado por Minsky como el "problema de la asignación de crédito" y no sólo afecta a los Juegos de Mesa sino también a otros mecanismos de aprendizaje empleados en otras áreas de la I.A.

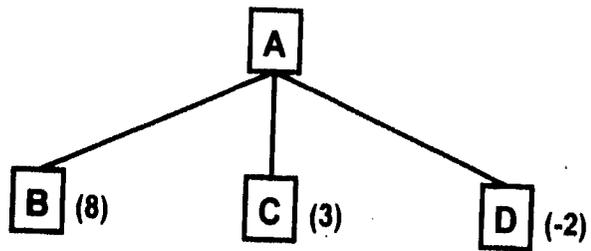
Una vez descritos los tipos más importantes de Funciones de Evaluación, resta describir el otro componente de un algoritmo Verificador: el procedimiento de Búsqueda. En efecto, su función es buacar de entre los movimientos generados por el Generador de Movimientos Plausibles el que se considere el mejor movimiento de acuerdo a los resultados arrojados por la Función de Evaluación aplicada

a cada movimiento generado. La elección que realice el procedimiento de Búsqueda depende de la información de que disponga mediante la Función de Evaluación, de ahí la importancia de que ésta última incluya la mayor cantidad de factores que intervienen en una partida.

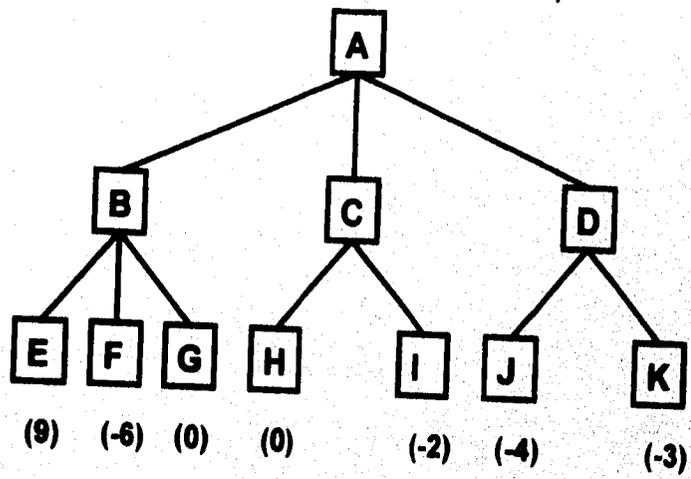
El procedimiento de Búsqueda más empleado en Juegos de Mesa como el Ajedrez y las Damas es el procedimiento Mini-Max, que será descrito a continuación.

**PROCEDIMIENTO MINI-MAX.**- Su idea básica es usar el Generador de Movimientos Plausibles para generar un conjunto de posiciones prometedoras a partir de la posición actual en el tablero, para luego aplicar la Función de Evaluación a tales posiciones generadas y elegir la que se considere la mejor; esta última posición (representada por un valor al igual que todas las demás posiciones) es actualizada luego como la nueva posición actual, garantizando así que en todo momento la posición actual sea por lo menos tan buena como las siguientes posiciones que se generen. El nombre "Mini-Max" se deriva del hecho de que el procedimiento refleja los objetivos de los rivales: por un lado el objetivo de uno de los jugadores que es el de maximizar los valores retornados por la Función de Evaluación cuando le corresponda mover, y por otro lado el objetivo del rival que es minimizar los valores retornados por dicha función cuando le corresponda mover a éste último, como se verá a continuación.

Un ejemplo de aplicación del procedimiento Mini-Max es el siguiente: supóngase que en la ilustración XVII la posición actual es A y las posiciones generadas a partir de A son B,C y D, donde también se indican los valores retornados para cada una de éstas por la Función de Evaluación. Supóngase también que esta función sólo retorna valores en el rango -10 a 10, donde 10 indica posible posición ganadora, -10 indica



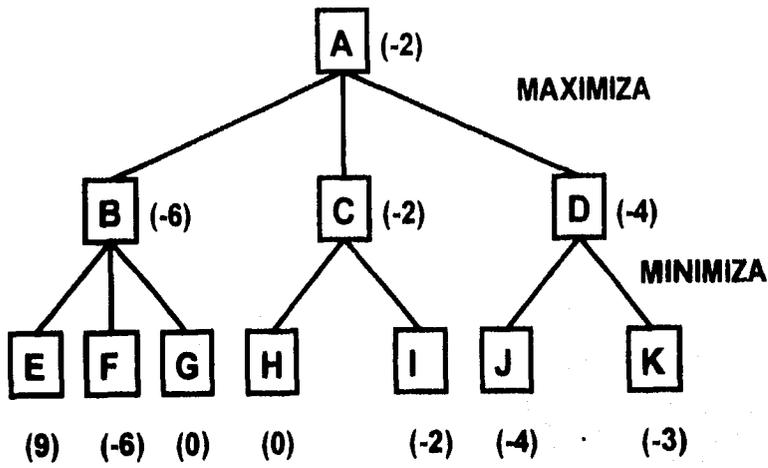
**ILUSTRACION XVII**



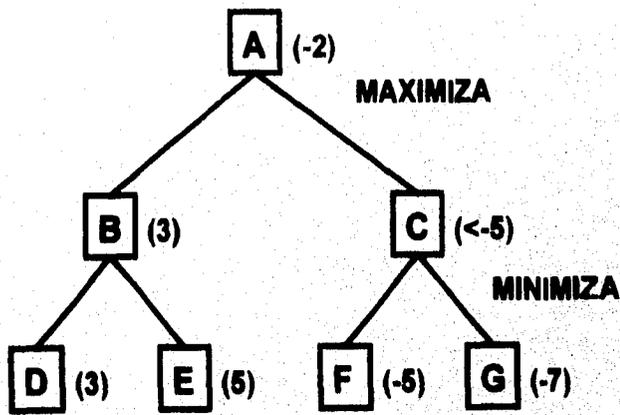
**ILUSTRACION XVIII**

posible posición perdedora y 0 indica una posición neutral. Debido a que nuestro objetivo es maximizar el valor retornado por la Función de Evaluación el procedimiento elige la posición B, para finalmente actualizar el valor de A con el valor de B.

El procedimiento Mini-Max puede realizar una búsqueda tan profunda como se desee. Esto es muy importante en una partida de Ajedrez cuando se está en situación de intercambio de piezas: al capturar una pieza la situación puede parecer muy favorable pero, analizando la situación un movimiento después, se puede ver que el rival también puede capturar una de nuestras piezas además de adquirir una posición estratégica, por lo que la situación no es tan favorable como parecía. De hecho, en el Ajedrez las posiciones se analizan en base a las repercusiones que tendrán no solo en el movimiento inmediato, sino en los siguientes dos ó tres movimientos (los MI tienen la capacidad de analizar posiciones de acuerdo a sus repercusiones en los siguientes 5 movimientos). Para estos casos, el procedimiento Mini-Max procede así: una vez generado un conjunto de posiciones prometedoras, en vez de aplicárseles la Función de Evaluación se les aplica nuevamente el Generador de Movimientos Plausibles, generando así un nuevo conjunto de posiciones prometedoras que depende del conjunto anterior, este proceso puede ser iterativo para cada una de las nuevas posiciones generadas. Por ejemplo: en la Ilustración XVIII se muestra el resultado de aplicar nuevamente el Generador de Movimientos Plausibles a cada posición generada en la Ilustración XVII. Obsérvese que la Función de Evaluación se aplicó sólo a las últimas posiciones generadas, esto es por lo siguiente: a partir de la posición que se elija en el primer nivel no se sabe, de entre aquellas posiciones que se deriven de la posición elegida, hacia cuál realizará su movimiento el rival y, por tanto, no se sabe con qué valor se actualizará la posición actual. Por ejemplo: supóngase que en la Ilustración anterior se elige mover a la posición B, luego el rival puede mover ya sea a la posición E, F ó G; dado que el objetivo del rival es minimizar la Función de Evaluación lo más lógico es que elija mover hacia F, lo cual significaría que la posición B en realidad no es tan buena como parecía en la Ilustración XVII. Debido a lo anterior el procedimiento Mini-



**ILUSTRACION XIX**



**ILUSTRACION XX**

Max actualiza el mínimo valor en los niveles en que corresponda al rival elegir posición, mientras que maximiza el valor en aquellos niveles en los que corresponda a nosotros elegir posición. Lo anterior se representa en la Ilustración XIX, donde se elegiría en el primer nivel mover hacia la posición C dado que las posiciones que se derivan de C implican un menor riesgo en comparación con las posiciones derivadas de A y B.

Como en cualquier procedimiento recursivo, un punto crítico en el procedimiento Mini-Max es determinar el momento en que se deje de aplicar el Generador de Movimientos Plausibles y se pase a aplicar la Función de Evaluación. El determinar tal momento depende de las siguientes factores:

- Del hecho de si ya se llegó a una posición ganadora.
- Del número de niveles que se han generado y analizado.
- Del hecho de qué tan prometedora es la ruta elegida en el árbol de búsqueda.
- Del tiempo que se lleva analizar cada posición conforme se desarrolla la partida.

**TECNICA PODA-ALFABETA.-** Una gran ventaja del procedimiento Mini-Max (y en general de todos los procedimientos de búsqueda en profundidad) es que su eficiencia puede incrementarse mediante técnicas que descarten primero aquellas posiciones que sean claramente perdedoras. Una de las técnicas más empleadas es la Poda-Alfabeta. Su idea básica es mantener dos valores límite: un valor que represente el límite inferior para el valor que toma una posición maximizada (este valor se denomina Alfa) y otro valor que represente el límite superior para el valor que toma una posición minimizada (este valor se denomina Beta).

Por ejemplo, considérese la Ilustración XX de la página anterior: supóngase que después de analizar la posición F se sabe que el rival garantiza una posición de valor menor ó igual a -5 si elegimos C, pero también se sabe que nosotros podemos garantizar una posición con valor mínimo de 3 en la siguiente jugada si elegimos B. Por tanto, nuestro valor Alfa en A indica que cualquier posición derivada con valor menor a 3 no

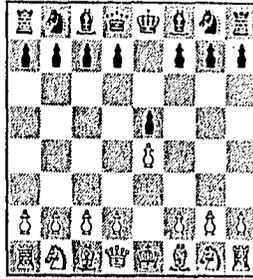
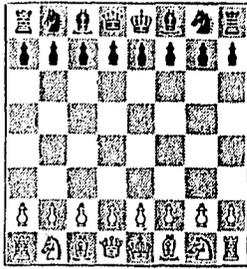
es tan buena como B, mientras que el valor Beta en C indica que cualquier posición derivada con valor mayor a -5 es totalmente mala, por lo que todas las posiciones que cumplan alguna de las condiciones anteriores pueden descartarse siendo el beneficio inmediato: ya no es necesario considerar la posición G ni sus posiciones derivadas. Para este ejemplo sencillo tal vez no se aprecie la importancia de la técnica Poda-Alfabeta, pero para árboles de búsqueda con más de 6 niveles su importancia es palpable pues evita el tener que analizar ramas completas.

#### REPRESENTACION MEDIANTE LOS ESPACIOS DE ESTADOS.-

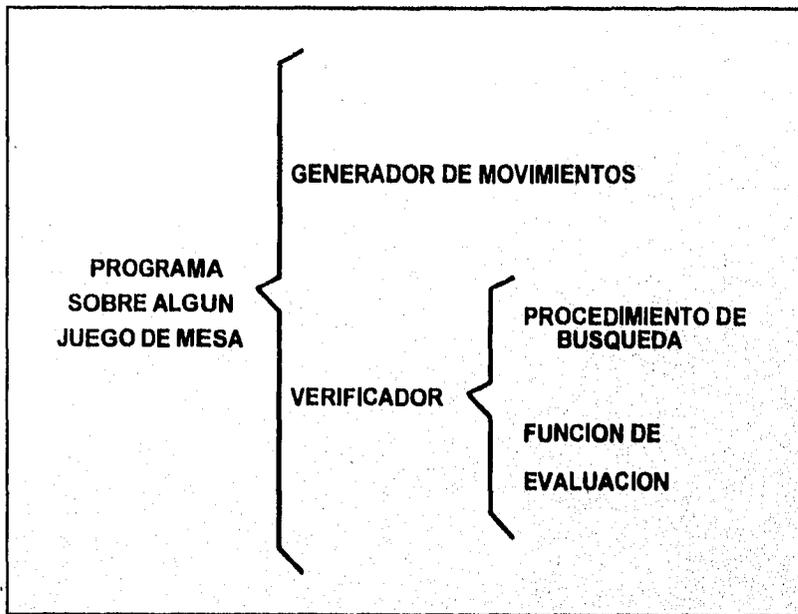
Considérese el caso del Ajedrez. Para desarrollar un programa que "juegue" al Ajedrez se requiere primero definir el problema en términos de lo siguiente:

- Distribución inicial de las piezas al comienzo de una partida.
- Conjunto de reglas que definen los movimientos que puede realizar cada pieza en el desarrollo de una partida.
  
- Posiciones que representan la victoria para cualquiera de los jugadores. En este punto va implícito el objetivo del Ajedrez y, por tanto, el objetivo del programa a desarrollar: capturar el Rey enemigo. No basta con que dicho objetivo sea implícito: el objetivo debe ser explícito para la computadora de manera que ésta trate de alcanzarlo.

En base a lo anterior una primera descripción del programa a desarrollar puede ser la siguiente: la distribución inicial de piezas puede representarse como se indica en la Ilustración XXI, donde el tablero puede representarse como un arreglo bidimensional de 8x8 y donde cada posición de este arreglo podrá contener alguna representación simbólica de la pieza que ocupe tal posición en un momento dado. El objetivo del programa es alcanzar una posición en la que el Rey del rival esté bajo amenaza de captura y no tenga posibilidad de movimiento (es decir: esté en Jaque Mate). El conjunto de reglas del Ajedrez proporciona la manera de alcanzar el estado objetivo (Jaque Mate del rival) a partir de un estado inicial (posición inicial de piezas en el tablero), donde cada una de éstas



**ILUSTRACION XXI.- REPRESENTACION DE LA APERTURA  
GAMBITO DE REY MEDIANTE ESPACIO DE ESTADOS**



**ESTRUCTURA BASICA DE UN  
PROGRAMA DE JUEGOS DE MESA**

reglas puede describirse, a su vez, como un estado inicial (que represente la situación actual en el tablero) y un estado final (que represente la situación del tablero después de aplicar la regla a un cierto movimiento). De esta manera se ha descrito el programa a desarrollar como un problema de Espacio de Estados, donde cada estado corresponde a una posición legal en el tablero, es decir: una partida de Ajedrez puede describirse partiendo de un estado inicial para luego, mediante un conjunto de reglas que permiten cambiar de un estado a otro, intentar acabar la partida alcanzando un estado objetivo.

La representación mediante Espacio de Estados es uno de los métodos más empleados en Inteligencia Artificial porque tiene las siguientes ventajas:

- Permite obtener una definición formal de un problema dado en términos de convertir una situación dada en una situación deseada mediante un conjunto de operaciones válidas para el problema en cuestión.

- Permite definir el proceso para resolver un problema como una combinación de técnicas de búsqueda y manipulación del conocimiento.

- Para el caso del Ajedrez esta representación tiene la ventaja de que es una forma bien organizada de representar el conjunto de posiciones en el tablero.

- En general es una representación idónea para abordar problemas relativos a Juegos de Mesa, aunque puede requerirse el uso de estructuras más complejas que una matriz bidimensional.

Sin embargo, la representación mediante Espacio de Estados también tiene desventajas. Considérese nuevamente el caso del Ajedrez: es necesario escribir una gran cantidad de reglas para describir las  $2 \times 10^{116}$  posibilidades que hay en una partida. De lo anterior se pueden generalizar las desventajas de la representación mediante Espacio de Estados:

- Difícilmente se pueden definir un conjunto grande de estados sin cometer algún error.

- Ningún programa puede manipular fácilmente tal cantidad de reglas, ni tampoco puede almacenarlas fácilmente.

Para representar un conjunto de estados se utilizan sobre todo dos formas: gráfica y mediante pseudocódigo. Retomando el caso del Ajedrez se tiene, por ejemplo, que la regla que describe la apertura conocida como Gambito de Rey se representa gráficamente como se indica en la Ilustración XXI, donde la parte izquierda representa el estado inicial y la parte derecha representa el estado final. Esta regla puede también representarse mediante pseudocódigo como se muestra a continuación:

elegir Peón Blanco en casilla (renglón 2, columna e)  
y si casilla (renglón 3, columna e) está vacía  
mover Peón a casilla (renglón 3, columna e)  
y si casilla (renglón 4, columna e) está vacía  
mover Peón a casilla (renglón 4, columna e)

donde la instrucción "elegir" representa el estado inicial y las condiciones "si..entonces" representan el estado final.

**IMPACTO DE LOS JUEGOS DE MESA EN OTROS CAMPOS RELACIONADOS CON LA I.A.**- Al desarrollar un programa enfocado hacia algún Juego de Mesa se persigue un objetivo bien definido: que tal programa, aplicando las reglas del Juego en cuestión, pueda ganar la partida a su contrincante (ya sea humano u otra computadora). Esto implica responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo puede aprender una computadora de los errores cometidos en una partida de manera que no cometa los mismos errores en partidas futuras?. El responder a esta pregunta permitiría, además, que una computadora pudiera actualizar su repertorio de jugadas constantemente y así mejorar su nivel de juego.

- ¿Cómo podría una computadora desarrollar las capacidades de creatividad e imaginación de manera que la propia computadora pudiera crear sus propias estrategias, respetando en todo momento las reglas del juego en cuestión?

Para responder a la primera pregunta, es necesario que se hagan avances en otras áreas relacionadas con la I.A. y cuyo objeto de estudio también es el aprendizaje. En efecto, ni la mejor computadora de la actualidad puede siquiera igualar la capacidad de aprendizaje de un niño debido a que los procesos involucrados en el aprendizaje de éste último aún no han sido cabalmente comprendidos. Y para comprender tales procesos son necesarios avances en las siguientes áreas:

a) **Psicología**, definida como el conocimiento sistemático de los fenómenos mentales tales como la sensación, la percepción, la imaginación, la memoria, el pensamiento, el juicio, la conducta voluntaria, el yo, las creencias, las actitudes, los deseos, etc. De esta definición se aprecia que su objeto de estudio es la mente humana y sus procesos y, por supuesto, esto incluye el aprendizaje.

b) **Neurología**, cuyo objeto de estudio es el cerebro desde un punto de vista fisiológico y cuyos descubrimientos sobre la estructura y funcionamiento también será importante para comprender los procesos relativos al aprendizaje.

c) **Pedagogía**, sobre todo en lo referente a los métodos y técnicas de aprendizaje existentes: es importante conocer los procesos relativos al Aprendizaje, pero también la manera en la que se aprende.

De lo anterior se ve que la I.A. impulsa, gracias a los Juegos de Mesa, los campos del conocimiento antes mencionados.

Por otra parte, el responder a la segunda pregunta tendría como consecuencia el que se comprendieran los mecanismos mentales inherentes a los descubrimientos científicos. En efecto, el comprender la manera en la que una persona descubre una ley aplicable en Física,

formula un teorema matemático ó simplemente obtiene una conclusión a partir de ciertos hechos conocidos tendría consecuencias inmediatas en los siguientes campos:

a) Ciencias Naturales tales como Biología, Astronomía, Física y Química en las que, una vez conocidos los mecanismos que permitieron descubrir las leyes que conocemos actualmente acerca del Universo se podrían desarrollar programas que ayudaran a los científicos a realizar nuevos descubrimientos que aclararan aspectos aún desconocidos del mundo que nos rodea. De hecho, ya se logró desarrollar un programa en U.S.A. denominado "Bacon" que redescubrió la tercera ley de Kepler y las leyes de Ohm, de Black y de los gases ideales a partir del análisis de una gran cantidad de datos experimentales a los que el programa aplicó técnicas heurísticas para buacar relaciones entre ellos y expresar estas relaciones mediante ecuaciones que derivaran en alguna ley aplicable al fenómeno al que pertenecen los datos analizados. Aunque este programa es un precedente importante aún se desconocen muchos aspectos de los mecanismos involucrados en la realización de un descubrimiento en Ciencias Naturales, por lo que la aportación de los Juegos de Mesa (en los que al igual que en los descubrimientos científicos interviene la Creatividad y la Imaginación) sería invaluable en este sentido.

b) Ciencias Exactas como Matemáticas y Lógica, en los que la comprensión de los mecanismos implicados en la inducción y deducción de teoremas, axiomas y postulados sería de gran ayuda para la demostración y resolución de problemas que aún no han sido solucionados a pesar de que algunos de estos problemas fueron planteados hace mucho tiempo: baste citar la paradoja de Fermat, que consiste en resolver en números enteros la ecuación indeterminada:

$$x^2 = y^2 + z^2$$

donde x,y,z son primos entre si pues de lo contrario bastaría dividirlos por el cuadrado de su máximo común divisor y donde tampoco pueden ser impares los tres.

Al igual que en los Juegos de Mesa, en los descubrimientos referentes a Ciencias Exactas intervienen las capacidades de Inducción Deducción, Análisis y Síntesis, de ahí que los avances que lograra la I.A. en Juegos de Mesa tendrían repercusión en las Ciencias Exactas, pues se podrían desarrollar programas que los matemáticos valorarían como herramientas valiosas.

**IMPACTO SOCIAL DE LOS LOGROS DE LA I.A. EN JUEGOS DE MESA**.- Como se mencionó anteriormente, los avances que logre la I.A. en el desarrollo de programas que "jueguen" Juegos de Mesa tendrían implicaciones en el desarrollo de programas aplicados a otros campos del conocimiento. Lo interesante es que estos campos -que comprenden toda la gama de las Ciencias Naturales y las Ciencias Exactas- tienen un impacto económico y social inmediato en todos los ámbitos de la vida diaria ya que de manera práctica se manifiestan en áreas como Medicina, Química, toda la gama de Ingenierías existentes (como Mecánica, Metalúrgica, Eléctrica y Electrónica, Ambiental y en Computación por mencionar sólo algunas), Biología, Psicología y Pedagogía. Los descubrimientos que se realizaran mediante programas que tuvieran las capacidades de aprendizaje y creatividad bien pudieran aplicarse en el descubrimiento de nuevos materiales más baratos y de fácil obtención, el desarrollo de nuevos medios de transporte que no dañaran al medio ambiente, de nuevas sustancias aplicables en medicinas y vacunas más efectivas, en la comprensión de la estructura de nuestro planeta y del espacio exterior, en el desarrollo de robots industriales que no se limitaran sólo a la realización de unas cuantas tareas repetitivas sino que pudieran autocorregirse y autocalibrarse. Los avances en Juegos de Mesa no tendrían, como se ve, sólo implicaciones recreativas sino que su impacto se sentiría en nuestra vida diaria.

**¿LA COMPUTADORA SUSTITUTO DEL HOMBRE?**.- Del punto anterior se aprecia que los avances de la I.A. aplicada a Juegos de Mesa tendría un impacto importante en áreas relacionadas con nuestra vida diaria. Sin embargo, se debe aclarar que aquello que puedan aportar los Juegos de Mesa al desarrollo de la I.A. tiene un límite: una computadora, a mi parecer, jamás podrá sustituir al hombre. En efecto, a pesar de que el

estudio de los Juegos de Mesa puede aportar algoritmos que simulen las capacidades intelectuales del hombre aún hay muchos aspectos que, tal vez, no sean simulables nunca por computadora: me refiero a los sentimientos, la intuición y las emociones. Y aún cuando se logre desarrollar programas que tengan las capacidades de "aprender" y "crear" éstos no serán mas que herramientas para el ser humano; si llega el día en que las computadoras sean más que una herramienta en ése día comenzarán a hacerse realidad las ideas de los escritores de ciencia-ficción y, tal vez, hasta el mito del Golem citado en el Capítulo anterior.

Una última razón para defender mi aseveración es la siguiente: para que una computadora sustituya al hombre tendría que estar dotada, además de las capacidades intelectuales mencionadas en el Capítulo primero, de otras características como las capacidades del habla, la visión y el movimiento, que constituyen áreas de la I.A. con muchos retos por delante.

## **" EL AJEDREZ: EL MAYOR RETO EN JUEGOS DE MESA PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL "**

El Ajedrez, como se vió en el primer Capitulo, es el Juego de Mesa más complejo (sin contar al Go, variante japonesa del Ajedrez poco difundida) de implantar mediante un programa de I.A. por las siguientes razones:

- a) Aspectos que abarca este Juego de Mesa.
- b) Total de combinaciones posibles en este juego.

A continuación se analizará cada una de estas razones.

**ASPECTOS QUE ABARCA EL AJEDREZ.**- La práctica del Ajedrez ó juego-ciencia es una actividad mental que abarca cuatro aspectos ligados entre sí:

1.- **RECREATIVO-DEPORTIVO.**- El Ajedrez se practica ante todo como una actividad lúdica, y ocupa un lugar preponderante dentro de los Juegos de Mesa. Es frecuente que se practique en competencias organizadas por clubes y federaciones tanto a nivel local como internacional las cuales comprenden multitud de categorías: masculina, femenil, por equipos, infantil, para ancianos, para invidentes, por correo, por Internet, etc. Respecto a su aspecto deportivo el Ajedrez, como cualquier otro deporte, promueve la convivencia y la comunicación además de fortalecer la capacidad de aceptar las frustraciones derivadas de nuestros errores debido a que se trata de una actividad en la que no interviene el azar.

2.- **ARTISTICO.**- Desde este punto de vista el Ajedrez ha fascinado siempre al hombre desde la época de su incierta invención hasta nuestros días, y seguramente seguirá fascinándolo en el futuro. Esto se debe a que el Ajedrez involucra una rica variedad de combinaciones, jugadas chuscas (como el famoso "Mate al Pastor"), sacrificios, gambitos, aperturas y cierres de partida, todos ellos capaces de producir fuertes emociones estéticas. Incluso hay una gran cantidad de partidas

memorables que se consideran artísticas bastando mencionar sólo dos de ellas: el excepcional y famoso final con mate forzoso en 9 jugadas con Peón y Rey que tanto gustaba realizar al célebre Morphy, y la partida conocida como "La Inmortal" jugada entre Anderssen y Kieseritzky en Londres en 1851. Ambas partidas se reproducen en las páginas 118 y 119 respectivamente.

**3.- INTELLECTUAL.-** Este aspecto es el que relaciona el Ajedrez con la Inteligencia Artificial. En efecto, la complejidad del Ajedrez se deriva precisamente de este aspecto ya que, para dar una idea de las dificultades de desarrollar un programa ajedrecista, baste mencionar el número de posiciones posibles en las primeras jugadas de una partida: cada jugador tiene un promedio de 20 posibilidades en el primer movimiento, 22 en el segundo, 25 en el tercero, 28 en el cuarto y así sucesivamente resultando que en los primeros 10 movimientos de una partida se tienen aproximadamente  $10^{29}$  posibilidades<sup>(6)</sup>. Considerando que una partida promedio tiene 35 movimientos se deduce que la cantidad de posibilidades en una partida produce vértigo sólo de pensarla (algunos autores afirman que esta cantidad sería mayor que el total de átomos existentes en el Universo). Lo anterior obliga a plantear interrogantes interesantes:

-¿Cómo elige un jugador humano las mejores jugadas entre tantas posibilidades?

-¿Porqué las mejores computadoras -que cuentan con capacidades de memoria y velocidad increíbles- sólo han podido derrotar en una ocasión (recordar el punto "Enfrentamientos Máquina vs. Hombre" del Capítulo anterior) a los mejores ajedrecistas humanos?

El responder a estas interrogantes conducirá a avances en I.A. que a su vez repercutirán en otros campos y para ello hay que considerar las diferencias más importantes entre una computadora y una persona al jugar una partida:

---

(6) "Ajedrez y Matemáticas". Banerhoff, E., K. Fabel y O. Riihimaa. Editorial Martínez Roca. Barcelona, España. 1974.

a) La computadora basa su capacidad principalmente en la velocidad de cálculo de sus algoritmos, mientras que una persona se basa en el uso de complicadas combinaciones de patrones que representan las posiciones del tablero las cuales son comparadas entre sí para elegir el patrón que se considere mejor. En ambos casos el objetivo es el mismo: la captura del Rey adversario ó Jaque Mate.

b) La computadora evalúa las jugadas mediante la asignación de valores numéricos a cada una de éstas y escoge aquella que, según su Función de Evaluación, tiene el valor máximo mientras que una persona evalúa las jugadas de acuerdo a factores cualitativos como repercusión de un movimiento en las jugadas posteriores ó calidad y posición de una pieza a capturar.

c) Una persona, al contrario de una computadora, tiene la capacidad de imaginar a partir de una posición dada otra posición totalmente distinta que puede surgir muchas jugadas después sin necesidad de analizar todas las jugadas intermedias correspondientes. Esta capacidad implica claramente un ahorro en el tiempo de evaluación total.

d) La capacidad de aprendizaje de los programas ajedrecistas es muy pobre ya que no mejoran sus jugadas con la experiencia de una manera aceptable. Incluso los mejores programas ajedrecistas de la actualidad ("Deep Thought" y "Mephisto Portorose") no están capacitados para aprender.

**UN EXCEPCIONAL Y FAMOSO JUGUETE DE MORPHY: FINAL CON MATE**  
**FORZOSO EN NUEVE JUGADAS. CON PEON Y REY**

**Posición**

<b>Blancas</b>	<b>Negras</b>
D8D	D2AR
R5AD	R2TR
C5AR	P3CR
A5TR	P3AR
T4TD	P3R
T4CD	P4D
P3D	T6AR
P2AR	C7R
	A7TR
	A8D

**Jugadas**

<b>Blancas</b>	<b>Negras</b>
T7C	DxT
AxP+	RxA
D8CR+	RxC
D4C+	R4R
D8T+	T4A
P4A+	AxP
DxC+	AxD
T4R+	PxT
P4D++	

PARTIDA CONOCIDA COMO "LA INMORTAL"

Blancas: Anderssen

Negras: Kieseritzky

(Londres, 1851)

Blancas	Negras
P4R	P4R
P4AR	PxP
A4A	D5T+
R1A	CR3A
CR3A	D3T
P3D	C4T
C4T	P4CD
AxP	D4C
C5A	P3AD
T1C	A4A
P4C	C3A
P4T	D3C
P5T	D4C
D3A	C1C
AxP	D3A
C3A	PxA
C5D	DxP
A6D	DxT+
R2R	AxT
P5R!	CD3T
CxPC+	R1D
D6A+	CxD
A7R++	

**4.- PSICOLOGICO.-** Debido a su estructura rigurosa y a su complejidad el Ajedrez desarrolla aspectos psicológicos interesantes tales como los procesos de aprendizaje, memorización y elaboración de jugadas así como el desarrollo de ciertas características personales de quien practica este juego con regularidad.

En efecto, con referencia al desarrollo de aspectos psicológicos se reconoce la importancia del Ajedrez en el ejercicio del pensamiento lógico por lo que incluso ha sido instituido como materia optativa en los planes de estudio de ciertos países. En nuestro país instituciones como la Federación Mexicana de Ajedrez, la Confederación Deportiva Olímpica Mexicana y el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes han fomentado su difusión.

Respecto a la relación del Ajedrez con la personalidad de quien lo practica se tiene que Alfredo Binet fue el primero en realizar un estudio psicológico con ajedrecistas en 1884, concluyendo que éstos poseen una mejor percepción de los cuerpos, distancias y orientaciones en el espacio a comparación de aquellos que no practican el Ajedrez. Esta conclusión se aplica sobre todo a quienes juegan partidas "a la ciega".

Por otra parte, un estudio realizado en Moscú en 1925 concluyó que quien practica el Ajedrez regularmente posee una alta resistencia física así como una alta tolerancia a la frustración, esto último incluso ya había sido señalado desde el siglo XVII por el filósofo inglés Burton (1577-1640).

Estudios más recientes han demostrado que existe una gran relación entre el nivel de juego de una persona y su habilidad para recordar posiciones poco familiares presentadas durante un breve lapso (de 10 a 15 segundos). Este resultado confirma el hecho de que la manera en la que una persona juega Ajedrez es mediante la combinación y reconocimiento de patrones ó configuraciones.

N.V. Krogius, psicólogo y ajedrecista ruso, ha investigado aspectos como la concentración, ilusiones ópticas y personalidad aplicados en partidas de Ajedrez de alto rendimiento encontrando interesantes

procesos que ocurren cuando se juega bajo presión del tiempo y que dependen de los hábitos y personalidad del jugador. De ahí que al igual que en otros deportes el Ajedrez de alto rendimiento exija a los competidores un sistema de preparación tal que conjunte tanto el estudio de cientos de partidas como la asesoría de especialistas en Ajedrez, así como el apoyo de psicólogos, fisiólogos, pedagogos y médicos todo ello para ayudar al jugador en la ardua lucha psicológica que significa cada partida. Ejemplos de arduas luchas en todos los aspectos psicológicos son los campeonatos mundiales entre Fischer y Spassky (1972) y entre Karpov y Kasparov (1984-85, 86, 87 y 90).

Para concluir con el aspecto psicológico del Ajedrez citaré el siguiente pensamiento del manuscrito "Cómo prolongar la estancia en este mundo pecador": "procura desde niño aprender a jugar Ajedrez: en la juventud te distraerá de miles de disparates, en la edad madura disipará las nubes de preocupación de tu frente y en la vejez te seguirá siendo fiel y prolongará tu vida".<sup>(7)</sup>

**TOTAL DE COMBINACIONES POSIBLES EN EL AJEDREZ.** - Esta es la segunda razón que da al Ajedrez la complejidad que tantos retos plantea a la I.A. En efecto, los problemas de cálculo y análisis lógico que plantea el Ajedrez no son sino el reflejo de la respetable complejidad de los procesos mentales. El cerebro humano carece de la eficacia y la rapidez de las computadoras pero dispone de una constitución de rango más elevado y creativo que la de aquellas.

Ahora bien: la dificultad de desarrollar un programa ajedrecista se debe a lo siguiente:

a) Por término medio una partida se desarrolla en 35 movimientos. Sin embargo son posibles 400 distintas maneras de iniciar una partida, por lo que el número de posibilidades crece exponencialmente. Para una partida de 35 movimientos (una sola) el total de jugadas posibles es alrededor de  $2 \times 10^{116}$ . ¡Piénsese que aún cuando todos los habitantes de

---

<sup>(7)</sup> Este manuscrito se localiza en el Museo de Longevidad de Münster, Alemania.

la Tierra jugaran a razón de un movimiento por segundo y sin tomarse reposo durante las 24 horas del día harían falta más de  $10^{100}$  siglos para jugar todas las partidas que resultarían de combinar las  $2 \times 10^{116}$  posibilidades de una partida promedio! Es por eso que un programa ajedrecista siempre inicia una partida con los peones centrales, pues de esta forma el número de posibilidades disminuye considerablemente.

b) Respecto a la posibilidad de que una computadora agote TODAS las combinaciones posibles del Ajedrez considérese lo siguiente: el número de posibilidades distintas en cada jugada y el número de jugadas sucesivas que hay que efectuar para terminar una partida son de tal magnitud que no resulta practicable el cálculo de todos los resultados posibles. Sin embargo, también hay que considerar que en el Ajedrez sólo intervienen datos conocidos y muy bien determinados a saber: situación de las piezas antes de cada jugada y reglas precisas para pasar de una situación a la siguiente. Por lo tanto es válido el siguiente razonamiento: si el hombre no puede agotar el análisis de todas las partidas posibles, ¿porqué no recurrir para esa labor a las computadoras?. Para este razonamiento no hay más que una objeción, pero de notable jerarquía: el número de las diferentes partidas posibles que se deben analizar es igual al número 1 seguido de 110 ó 120 ceros aproximadamente (no se discuten ya diez ceros más o menos cuando se trata de estas cifras). Aún cuando una computadora no necesitara más que una diezmilésima de segundo para examinar cada uno de los conjuntos de jugadas sucesivas posibles sería preciso para agotar el problema tal número de miles de millones de siglos, que la tarea es imposible<sup>(8)</sup>.

De modo que cuando las computadoras sean capaces de analizar aproximadamente:

1,0000000000,0000000000,0000000000,0000000000,0000000000,0000000000  
0000000000,0000000000,0000000000,0000000000,0000000000,0000000000

(8) "De Buda a Fischer y Spassky: dos mil años de Ajedrez". Eduardo Lizalde. Editorial Posada. México, 1972.

partidas, el problema estará resuelto.

**¿SE JUGARA ALGUN DIA EL "AJEDREZ PERFECTO"?**- El hecho de que las posibilidades de combinación en el Ajedrez sean enormes no implica que el número de variantes no sea finito. Por lo tanto, es teóricamente posible, como dicen los matemáticos, que las computadoras consigan agotar todas las combinaciones posibles en el Ajedrez, aunque ello sea remoto en la práctica y en el tiempo aún considerando que el desarrollo de la tecnología es vertiginoso en la actualidad: es sabido que una computadora producida ayer como la mejor entre sus congéneres puede volverse obsoleta en cuestión de meses. La posibilidad teórica amenaza entonces con seguir permanentemente constituida en eso: en posibilidad teórica.

En el supuesto, verdaderamente optimista, de que la tecnología alcanzara tal grado de desarrollo que permitiera a las computadoras salvar los espacios de tiempo antes mencionados para agotar todas las posibilidades del Ajedrez, es interesante reflexionar en lo siguiente:

a) ¿Existirá para aquel entonces el interés del hombre por el Ajedrez, ó bien el hombre habrá evolucionado hasta tal grado de raciocinio que ya para entonces se considerará al Ajedrez como una curiosidad del "hombre primitivo"?

b) ¿De qué servirá el Ajedrez total y perfectísimo de las computadoras?. En efecto, las computadoras habrán conseguido jugar otro tipo de Ajedrez: científico, absoluto y agotado. Todas las partidas jugadas contra seres humanos (ó racionales) serán entonces infaliblemente ganadas por aquellas, y todas las partidas jugadas entre computadoras concluirán en eternos, asombrosamente lógicos, aburridísimos y perfectos empates.

De lo anterior se deduce que el sueño del Ajedrez perfecto es, por sí mismo, un sueño frustrado, una contradicción insalvable: al conseguir jugar el Ajedrez perfecto las computadoras consumarán el asesinato del verdadero Ajedrez, que es el Ajedrez imperfecto (en el sentido de no estar

agotadas sus posibilidades) que conocemos. Ahora bien, si la Inteligencia Artificial consigue desarrollar computadoras que no sea posible distinguir mentalmente hablando de los seres humanos entonces las primeras habrán adquirido las capacidades intelectuales mencionadas en el primer Capítulo (y que tanto han sido mencionadas a lo largo del presente trabajo de tesis) y serán capaces también de jugar un Ajedrez imperfecto y estético. Pero para ello las computadoras necesitan, como el hombre, carecer de un "para", es decir: de una utilidad concreta y registrable.

De lo anterior se concluye que en la imperfección del Ajedrez, en su carácter de maravilla inconclusa, reside precisamente su interés y su encanto recreativo-deportivo, artístico, intelectual y psicológico. El hombre se interesa por el Ajedrez (y por la ciencia en general) porque se le presenta como una tarea inagotable, mientras que para las computadoras su meta es concebir al Ajedrez como una ciencia acabada, en la que todo esté dicho.

Si las computadoras logran algún día el agotamiento total del Ajedrez (y el ser humano logra asimilar semejante acontecimiento) no le quedará a este último más recurso, a mi parecer, que agregar al tablero otras treinta casillas para que las primeras, con su "Inteligencia Artificial", tarden un lapso de varios siglos (¿cuántos exactamente?, el avance de la tecnología lo determinará) en agotarlo.

**CAPITULO IV**

**" DIFICULTADES PRACTICAS DE  
IMPLANTAR UN JUEGO DE MESA  
EN COMPUTADORA"**

En el presente Capítulo, y como parte final del presente trabajo de tesis, se implantará en computadora una variante del Juego de Damas con el fin de aplicar lo visto en los Capítulos anteriores, a saber:

a) Analizar la dificultad inherente a un Juego de Mesa aparentemente sencillo en sus reglas (como es el caso del Juego de Damas) al momento de intentar implantarlo en computadora mediante un programa, lo cual se vió en el Capítulo I.

b) Aplicar el concepto de Inteligencia Artificial que es el de simular mediante un programa algunos de los procesos mentales inherentes al ser humano, lo cual fue visto en el Capítulo II.

c) Aplicar alguna de las técnicas propias de la Inteligencia Artificial para Juegos de Mesa en el programa a desarrollar; las técnicas más importantes fueron analizadas en el Capítulo III.

Para ello, primero se describirá el Juego de Mesa a implantar incluyendo la razón por la que fue elegido para ser desarrollado así como sus reglas y dificultades que ofrece para ser implantado en computadora. Posteriormente se procederá a desarrollar el programa aplicando las etapas de Análisis, Diseño, Codificación, Depuración y Prueba, donde en la etapa de Codificación se incluirá un listado completo del programa.

### **DESCRIPCION DEL JUEGO DE MESA A IMPLANTAR**

**PORQUE SE ELIGIO EL JUEGO DE DAMAS.** - El Juego de Mesa a implantar será el Juego de Damas por lo siguiente:

a) Comparado con el Ajedrez es un Juego de Mesa relativamente sencillo en cuanto a sus reglas y variantes, lo cual lo hace ideal para ser implantado en computadora.

b) Se encuentra bastante difundido, lo cual implica que prácticamente cualquier persona lo sabe jugar y, en caso contrario, no tendría mayor dificultad en aprender a jugar tal juego. Esto es importante llegado el momento de jugar contra el programa.

**REGLAS DEL JUEGO DE MESA A IMPLANTAR.** A continuación se describen las reglas del Juego de Mesa a desarrollar lo cual es importante porque aunque en esencia son las mismas reglas que para el Juego de Damas descritas en el Capítulo I será necesario, con el fin de simplificar el desarrollo del programa, introducir dos variantes respecto a tales reglas. A efectos de comparación se sugiere al lector cotejar las reglas que se describen a continuación con las reglas oficiales del Juego de Damas dadas al final del Capítulo I.

1.- Cada jugador deberá contar al inicio de una partida con ocho fichas distribuidas en un tablero de 8x8 similar al tablero empleado para el juego de Ajedrez, de manera similar a como se muestra en la Ilustración X de la página 54. A efectos de distinción las fichas de los jugadores serán de distinto color (por lo general blanco y negro). Nótese que al igual que para el juego del Ajedrez deberá haber a la mano izquierda de cada jugador una casilla negra lo cual indicará que la colocación del tablero es correcta.

2.- La primera jugada de cada partida corresponderá al jugador de fichas blancas.

3.- Ganará el jugador que logre primero obtener un marcador de 8 puntos, donde cada jugador podrá ganar un punto ya sea capturando una ficha rival (ver regla 5) ó bien coronando una de sus propias fichas (ver regla 4). De lo anterior se tiene que al comienzo de cada partida el marcador de ambos jugadores será igual a cero.

4.- Cada jugador podrá mover por turno sólo una pieza, donde la manera de realizar tal movimiento será adelantando siempre una casilla en diagonal a izquierda ó derecha, siempre y cuando la casilla a ocupar esté vacía. En esta regla se introduce la primera variante para la implantación del juego en computadora: cuando cualquiera de los jugadores logre hacer llegar alguna de sus fichas al extremo opuesto del tablero dicha ficha no será coronada de la manera tradicional (lo cual implicaría que la misma pudiera recorrer cualquier cantidad de casillas vacías hacia adelante y hacia atrás, aunque siempre en diagonal de manera similar a los movimientos del Alfil en el juego de

Ajedrez) sino que su coronación consistirá en otorgar al jugador un punto extra en su marcador.

5.- La captura de una pieza rival será de la siguiente manera: cuando una pieza dada se encuentre en la casilla adyacente a una ficha rival y la casilla que sigue a ésta se encuentre desocupada la primera podrá capturar la segunda colocándose en la casilla desocupada, donde la pieza capturada será retirada del tablero y se le otorgará al jugador correspondiente un punto por dicha captura. En esta regla se introduce la segunda variante mencionada al principio de este punto: si dos ó más piezas se encuentran colocadas de tal forma que dejen entre ellas una casilla libre y el jugador rival tenga la posibilidad de capturar sólo podrá capturar una pieza a la vez a diferencia de lo que ocurre en una partida normal de Damas donde se pueden capturar todas las piezas que se pueda en un solo turno.

Se reitera que las dos variantes mencionadas se introducen a efectos de simplificar la tarea a realizar, lo cual será muy útil durante la etapa de Análisis del problema.

### **DESARROLLO DEL PROGRAMA**

Para desarrollar un programa que juegue la variante del Juego de Damas descrita en el punto anterior se seguirán las etapas que se eligen para el desarrollo de un proyecto de software de cualquier magnitud y que son comunes a todos los modelos de desarrollo de software. Dichas etapas son: Análisis, Diseño, Codificación y Prueba.

### **ETAPA DE ANALISIS**

Esta etapa constará de la formulación del enunciado del problema, en el cual se determinará el objetivo del programa así como los requisitos y restricciones que debe cumplir. Asimismo se determinará el lenguaje de programación a utilizar.

**ENUNCIADO DEL PROBLEMA.-** Se desea desarrollar un programa de computadora que sea capaz de jugar contra un rival humano la

variante del Juego de Damas cuyas reglas fueron descritas anteriormente. Para ello es necesario que tal programa cumpla con los siguientes requisitos:

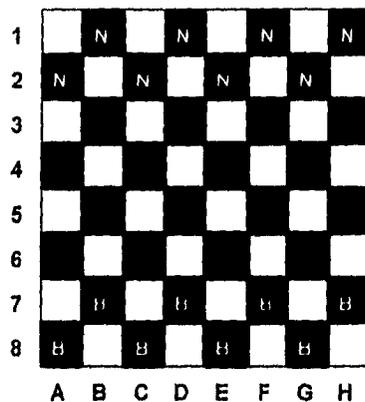
1.- Debe otorgar a cada jugador (es decir: al rival humano y al programa que en lo sucesivo se identificará como "EDIE") la oportunidad de mover una ficha a la vez. Asimismo debe desplegar un tablero de 8x8 en el que sea fácil distinguir las casillas blancas de las negras y, por supuesto, también sea fácil distinguir las fichas del jugador humano (al cual se le asignarán las fichas blancas) de las fichas de "EDIE" (al cual se le asignarán las fichas negras). La colocación del tablero y disposición de las fichas al comienzo de cada partida deberán ser de acuerdo a la regla 1, mientras que de acuerdo a la regla 2 el primer movimiento siempre corresponderá al jugador humano por tener éste las fichas blancas. Respecto al tablero éste tendrá sus renglones numerados del 1 al 8 y sus columnas denotadas de la letra A a la H como se indica en la Ilustración XXI.

2.- Cuando sea el turno de mover del jugador humano el programa deberá permitirle indicar tanto la posición de la ficha que desea mover (posición inicial) como la posición final en la que desea colocar dicha ficha, donde la manera de indicar ambas posiciones será mediante un sistema de coordenadas :

posición = renglón, columna

debido a que este sistema es ideal para la indicación de posiciones en un tablero en el que todas las casillas se puedan identificar inequívocamente por un renglón y una columna. La notación a emplear será de acuerdo al Sistema Algebraico descrito en el Capítulo I. Lo anterior se resume en el ejemplo de la Ilustración XXII.A.

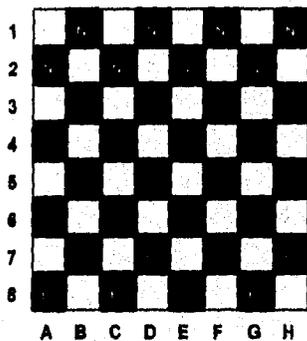
3.- Cuando el jugador humano desea capturar alguna ficha de "EDIE" deberá indicar la posición inicial de forma similar a como se indicó en el número anterior, pero la posición final deberá corresponder a la casilla que ocupará la ficha que captura, para mayor



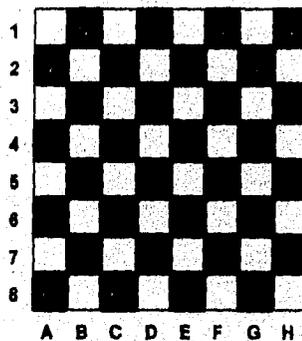
**SIMBOLOGIA**

- B = FICHA BLANCA (JUGADOR HUMANO)
- N = FICHA NEGRA (EDIE)
- 8-7 = NUMEROS DE RENGLON
- A-H = NUMEROS DE COLUMNA

**ILUSTRACION XXI.- NOTACION PARA RENGLONES Y COLUMNAS EN EL TABLERO DEL PROGRAMA "EDIE"**



A) POS. MOVER: 7, B  
POS. FUTURA: 3, F



B) POS. MOVER: 5, D  
POS. FUTURA: 6, C

**ILUSTRACION XXII.- EJEMPLO DE LA MANERA EN QUE EL JUGADOR HUMANO INDICARA: A) MOVIMIENTO VALIDO B) CAPTURA VALIDA**

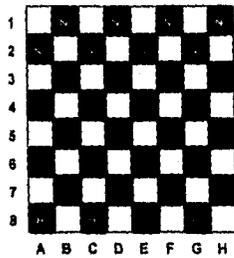
claridad ver ejemplo de Ilustración XXII.B. La ficha capturada deberá desaparecer del tablero y se tendrá que aumentar en uno el marcador para el jugador humano. Se aplicará lo anterior a los casos en que "EDIE" realice una captura, es decir: se incrementará su marcador en uno y se retirará la ficha capturada del tablero.

4.- El programa deberá enviar un mensaje de error en las siguientes situaciones que se pueden presentar al indicar sus movimientos el jugador humano:

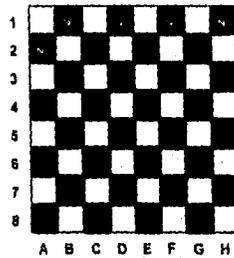
- a) Cuando el jugador humano indique como posición inicial ó final una casilla blanca.
- b) Cuando el jugador humano no tengan pieza alguna en la posición inicial que indique.
- c) Cuando la posición final indicada por el jugador humano no sea adyacente a la posición inicial indicada, ó bien la posición final se encuentre ocupada ya sea por una ficha propia ó rival que impida el ocuparla.
- d) Cuando el jugador humano desee capturar una ficha rival que no es posible capturar debido a su posición.

Algunos de los casos anteriores se muestran gráficamente en la Ilustración XXIII. Los casos descritos anteriormente corresponden a las **RESTRICCIONES** que deberán observarse en el Diseño y Codificación del programa.

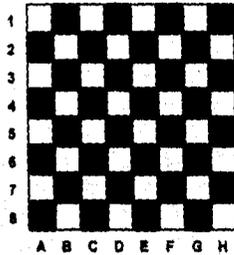
5.- Para el caso de que el jugador humano indique en la posición inicial ó final una tecla ó valor incorrecto (es decir: para el caso de los renglones un valor que no corresponda al rango numérico 1-8 y para el caso de las columnas un valor no comprendido en los rangos a-h ó bien A-H) el programa no permitirá continuar al jugador humano hasta que éste introduzca un valor correcto. Sin embargo una vez que se indique una posición final ó inicial válida el programa no permitirá que ésta se pueda modificar para respetar la regla que en todos los Juegos de Mesa dice: "ficha ó pieza tocada, ficha ó pieza movida". Cabe señalar que para el caso de las columnas el caracter introducido podrá ser en mayúscula ó minúscula, y el programa deberá ser capaz de reconocerlo.



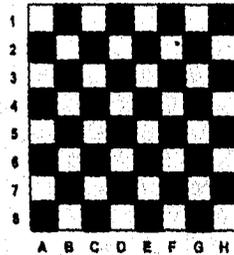
CASO A.- POS. MOVER: 7,A  
POS. FUTURA:



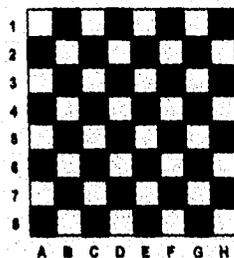
CASO B.- POS. MOVER: 7,D  
POS. FUTURA: 7,C



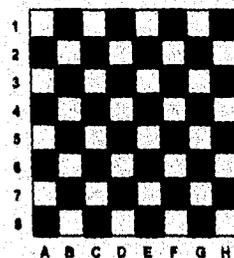
CASO C.- POS. MOVER: 6,C  
POS. FUTURA:



CASO D.- POS. MOVER: 5,D  
POS. FUTURA: 7,B



CASO E.- POS. MOVER: 5,D  
POS. FUTURA: 6,C



CASO F.- POS. MOVER: 5,D  
POS. FUTURA: 2,C

**ILUSTRACION XXIII.- EJEMPLOS DE JUGADAS NO VALIDAS  
PARA JUGADOR HUMANO (EL PROGRAMA DESPLEGARA  
UN MENSAJE DE ERROR)**

6.- Cuando sea el turno de jugar de "EDIE" el programa deberá indicar claramente antes de realizar su movimiento la ficha que moverá, con el fin de que el jugador humano pueda verificar el movimiento del programa.

7.- En todo momento, desde el comienzo hasta el final de una partida, se desplegará el marcador tanto para "EDIE" como para el jugador humano, el cual se actualizará cada vez que alguno de los jugadores logre un punto a su favor. Cuando alguno de los jugadores logre llegar a 8 puntos el programa deberá desplegar un mensaje que anuncie al ganador para así finalizar la partida.

**LENGUAJE DE PROGRAMACION A EMPLEAR.**- Se eligió el lenguaje de programación Turbo C++ para realizar la codificación del diseño que se realizará más adelante debido a lo siguiente:

a) Es un lenguaje de programación provisto de un rico y variado conjunto de Instrucciones y de estructuras de datos.

b) Es un lenguaje de programación muy popular entre la comunidad informática debido a su flexibilidad de programación y a su facilidad de ser implantado en diferentes tipos de computadoras (esto último se conoce como transportabilidad).

c) Respecto a mi experiencia personal el lenguaje de programación que más conozco y manejo es precisamente el lenguaje C.

d) Es un lenguaje ideal para realizar programas de Inteligencia Artificial, de hecho en la materia de Inteligencia Artificial este fue el lenguaje de programación que se manejó durante todo el curso.

### **ETAPA DE DISEÑO**

Una vez realizada la etapa de Análisis, el siguiente paso corresponde a la etapa de Diseño, donde se desarrollarán los algoritmos que posteriormente serán codificados e implantados. Para ello se procederá de la siguiente manera: primero se definirán las estructuras de datos y variables globales a emplear, para posteriormente desarrollar los algoritmos correspondientes.

**ESTRUCTURAS DE DATOS Y VARIABLES GLOBALES.** Se define como estructura de datos la representación lógica con la que un programa almacena y manipula los datos, mientras que las variables globales son aquellas estructuras de datos usadas en varias funciones ó módulos del programa, en distintas partes del mismo. Las estructuras de datos generales que se emplearán para el desarrollo de "EDIE" serán las siguientes:

a) Para el caso del tablero, la manera en la que el programa reconocerá cada casilla será mediante un número como se indica en la ilustración XXIV, por lo que es conveniente definir la siguiente estructura para cada una de las casillas que lo conforman:

```
struct CUADRO{
    int xi,yi,xf,yf,
        ai,ad,bd,bi;
    char Atributo[10];
} Cuadrícula[MAX_OPC];
```

donde:

xi, yi = posición inicial de la casilla actual.

xf, yf = posición final de la casilla actual.

ai = número de casilla adyacente localizada arriba, a la izquierda de la casilla actual.

ad = número de casilla adyacente localizada arriba, a la derecha de la casilla actual.

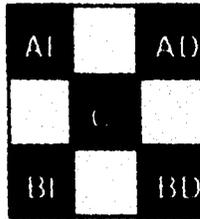
bi = número de casilla adyacente localizada abajo, a la izquierda de la casilla actual.

bd = número de casilla adyacente localizada abajo, a la derecha de la casilla actual.

La notación ai,ad,bi,bd se comprenderá mejor observando la ilustración XXV. El hecho de que cada casilla tenga identificadas sus 4 casillas adyacentes permitirá posteriormente realizar los movimientos a cada jugador así como el verificar que los movimientos sean válidos. También se puede apreciar que se ha definido el arreglo Cuadrícula[MAX\_OPC], donde MAX\_OPC es una constante igual al número de casillas que contiene el tablero la cual es definida así:

1	9	17	25	32	40	48	56
2	10	18	26	33	41	49	57
3	11	19	27	34	42	50	58
4	12	20	28	35	43	51	59
5	13	21	29	36	44	52	60
6	14	22	30	37	45	53	61
7	15	23	31	38	46	54	62
8	16	24	31	39	47	55	63

**ILUSTRACION XXIV.- EL PROGRAMA "EDIE" IDENTIFICARA CADA CASILLA DEL TABLERO MEDIANTE UN NUMERO**



**SIMBOLOGIA**

- C = casilla central de referencia.
- AI = casilla adyacente superior izquierda de casilla central.
- AD = casilla adyacente superior derecha de casilla central.
- BI = casilla adyacente inferior izquierda de casilla central.
- BD = casilla adyacente inferior derecha de casilla central.

**ILUSTRACION XXV.- SIGNIFICADO DE LOS VALORES AI, AD, BI Y BD USADOS EN LA DEFINICION DE LA ESTRUCTURA DE DATOS "struct CUADRO"**

**# define MAX OPC 64**

De esta manera se tiene que el tablero se conforma de un conjunto de estructuras, cada una de las cuales representa una casilla.

b) Para el caso de las variables que contendrán los marcadores de cada jugador, basta con definirlos como variables globales del tipo entero como se indica a continuación:

```
int marcador_edie, marcador_usted;
```

donde: marcador\_edie = marcador correspondiente a "EDIE".

marcador\_usted = marcador correspondiente al jugador humano.

c) Para el caso de las variables que contendrán tanto la posición inicial como final que indique el jugador humano cuando le toque realizar su movimiento, es conveniente definirlos así:

```
int pos_inicial, pos_final
```

aciarando que, para cumplir con el requisito 5 de la etapa de Análisis, la lectura de las posiciones inicial y final se hará de la siguiente manera:

```
posición a mover = renglón, columna
```

```
posición futura = renglón, columna
```

donde "renglón" deberá ser un dígito en el rango 1-8 y "columna" deberá ser un carácter en el rango A-H ó bien a-h; en la lectura de estos valores será importante observar las restricciones indicadas en la etapa de Análisis. Sin embargo será necesaria una función que codifique las coordenadas dadas en "posición a mover" y "posición futura" a valores enteros para pos\_inicial y pos\_final respectivamente, ya que como se vió en el inciso a) cada casilla es reconocida por el programa mediante un número. Dado que las variables "posición a mover" y "posición futura" sólo serán usadas en un módulo (el de lectura de posiciones del jugador humano) no es necesario incluirlas como variables globales.

d) Cuando le corresponda a "EDIE" realizar su movimiento, será necesario que clasifique cada una de sus jugadas en alguna de las siguientes categorías, en este orden de importancia:

- 1.- Realizar captura de ficha rival.
- 2.- Proteger una ficha propia.
- 3.- Realizar una jugada neutral, en la que una ficha sólo se mueve una casilla hacia adelante.
- 4.- Realizar simplemente una jugada válida.

Luego, para almacenar cada jugada posible en alguna de las categorías anteriores será necesaria la siguiente estructura:

```
struct PILA{
    int pos;
    char Rama[10];
} Pila_Uno[8],Pila_Dos[8],
  Pila_Tres[8],Pila_Cuatro[8];
```

donde:

pos = número de la casilla analizada.

Rama = flanco por el cual la casilla clasificada puede realizar su movimiento, puede adquirir los valores DERECHA ó IZQUIERDA.

Los arreglos Pila\_Uno, Pila\_Dos, Pila\_Tres y Pila\_Cuatro almacenan las jugadas correspondientes a las categorías 1,2,3 y 4 respectivamente.

**DESARROLLO DE ALGORITMOS:** A continuación se procederá al desarrollo de los algoritmos que conformarán el programa "EDIE", comenzando para ello con el algoritmo general del programa para luego ir desarrollando cada uno de los módulos que se deriven de dicho algoritmo general. Como aclaración hay que mencionar que para todos los algoritmos a desarrollar se utilizará la notación en pseudocódigo debido a que se trata de una notación compacta y fácil de entender. En esta notación las palabras que sean subrayadas corresponderán a las instrucciones que deberá ejecutar el programa mientras que lo que no esté subrayado corresponderá a variables ó bien al nombre de otras funciones.

Se propone la siguiente estructura general para el algoritmo principal de "EDIE":

```
empieza  
  Inicializa_Tablero()  
  Despliega_Tablero()  
  Despliega_Marcador()  
  mientras marcador_usted<8 y  
    marcador_edie<8  
    empieza  
      Lee_Posición_de_Humano()  
      Actualiza_Tablero()  
      Actualiza_Marcador()  
      Juega_Edie()  
      Actualiza_Tablero()  
      Actualiza_Marcador()  
    fin  
  AnunciaGanador()  
fin
```

El funcionamiento del algoritmo anterior es el siguiente: lo primero que hace el programa es inicializar el tablero (es decir: inicializar cada una de las estructuras que conforman las casillas del tablero de juego con los valores apropiados para las variables xi, yi, xf, yf, ai, ad, bd, bi y Atributo las cuales fueron explicadas en la página 134) mediante la función Inicializa\_Tablero(), para luego desplegar en pantalla el tablero y el marcador (donde al inicio de cada partida el marcador para "EDIE" y para el jugador humano es igual a cero) mediante las funciones denominadas como Despliega\_Tablero() y Despliega\_Marcador() respectivamente. Posteriormente se pasa al ciclo principal del programa: mientras se cumpla la condición:

marcador\_usted<8 y marcador\_edie<8

es decir, mientras ninguno de los jugadores alcance un marcador de 8 puntos (el primero que lo alcance será el ganador) se realizará lo siguiente: primero para el jugador humano se leerán la posición inicial (es decir, la posición en la que se encuentra la ficha que desea mover)

y la posición final (es decir: la posición en la que se desea colocar la ficha localizada en la posición inicial) mediante la función `Lee_Posición_de_Humano()`; una vez que las posiciones inicial y final hayan sido validadas (es decir: se haya verificado que ambas posiciones cumplen las restricciones señaladas en la etapa de Análisis) por esta función se procederá a actualizar el tablero y el marcador para después conceder la oportunidad de realizar su movimiento a "EDIE", el cual será realizado mediante la función `Juega_Edie()`. Una vez que el programa realice su movimiento se procederá nuevamente a actualizar el tablero y el marcador. El procedimiento anterior se repite iterativamente hasta que la condición señalada anteriormente se cumpla para alguno de los jugadores y se rompa así el ciclo principal. Finalmente la función `Anuncia_Ganador()` despliega un mensaje que anuncia al correspondiente ganador de la partida.

A continuación se procederá al desarrollo de las funciones que conforman la estructura principal del programa "EDIE".

**FUNCION INICIALIZA TABLERO().** Se propone el siguiente algoritmo para inicializar el tablero de juego:

**función** `Inicializa_Tablero()`

**empieza**

`Crea_Cuadro(1, 0, 0, 0, 0, 70, 30, 110, 70, "BLANCA");`

`Crea_Cuadro(2, 0, 9, 11, 0, 70, 70, 110, 110, "EDIE");`

`Crea_Cuadro(3, 0, 0, 0, 0, 0, 70, 110, 110, 150, "BLANCA");`

`.....`  
`.....`  
`.....`

`Crea_Cuadro(64, 0, 0, 0, 0, 0, 350, 310, 390, 350, "BLANCA");`

**fin**

En el algoritmo anterior se aprecia que la función `Inicializa_Tablero()` consiste en llamar para cada una de las 64 casillas a la función `Crea_Cuadro()`, cuyo algoritmo es el siguiente:

**función** Crea\_Cuadro(i, AI, AD, BD, BI, YI, XI, YF, XF, atributo)

**empieza**

```
Cuadrícula[i].xi=XI;   Cuadrícula[i].yi=YI;
Cuadrícula[i].xf=XF;   Cuadrícula[i].yf=YF;
Cuadrícula[i].ai=AI;   Cuadrícula[i].ad=AD;
Cuadrícula[i].bd=BD;   Cuadrícula[i].bi=BI;
Cuadrícula[i].Atributo=atributo;
```

**fin**

Para la función Crea\_Cuadro() se tienen los siguientes argumentos:

i = número de casilla del tablero a crear.

XI, YI = coordenada inicial de la casilla en pantalla.

XF, YF = coordenada final de la casilla en pantalla.

AI = número de la casilla adyacente situada arriba a la izquierda de la casilla no. i.

AD = número de la casilla adyacente situada arriba a la derecha de la casilla no. i.

BI = número de la casilla adyacente situada abajo a la izquierda de la casilla no. i.

BD = número de la casilla adyacente situada abajo a la derecha de la casilla no. i.

atributo = característica de la casilla que está siendo creada, donde los valores posibles para atributo son: "EDIE" si la casilla está ocupada por una ficha negra correspondiente al programa, "HUMANO" si la casilla está ocupada por una ficha blanca correspondiente al jugador humano, "NEGRA" si la casilla no está ocupada por ficha alguna y es de color negra, y "BLANCA" si la casilla no está ocupada por ficha alguna y es de color blanca.

Para mayor claridad del significado de los valores AI, AD, BI y BD se remite al lector a la ilustración XXV.

Una vez que la función obtiene los argumentos anteriores, los almacena en la variable correspondiente a la estructura que corresponde a la casilla indicada por el argumento i.

**FUNCION DESPLIEGA TABLERO()**- El algoritmo que se propone para desplegar el tablero inicializado en pantalla es el siguiente:

```
función Despliega_Tablero()
empieza
  Notacion()
  desde i=0 hasta i<MAX_CUADROS
    empieza
      dibuja un rectángulo en las coordenadas
        Cuadrícula[i].yi,Cuadrícula[i].xi,
        Cuadrícula[i].yf,Cuadrícula[i].xf)
      rellena rectángulo
    fin
  fin
```

En el algoritmo anterior se aprecia que cada rectángulo, el cual representa una casilla, se dibuja de acuerdo a los valores almacenados en la estructura correspondiente para las posiciones inicial y final del mismo. Asimismo se usa dentro de esta función otra función llamada Notación() la cual simplemente despliega la notación correspondiente a cada renglón y columna del tablero en una posición específica de la pantalla y que será empleada por el jugador humano para indicar sus jugadas mediante el Sistema Algebraico, es decir:

COLUMNAS	=	A	B	C	D	E	F	G	H
REGLONES	=	1	2	3	4	5	6	7	8

**FUNCION DESPLIEGA MARCADOR()**- Este algoritmo es el que corresponde a la función Despliega\_Marcador() y se da a continuación, el cual se explica por sí mismo:

```
función Despliega_Marcador()
empieza
  escribe marcador_edie
  escribe marcador_usted
fin
```

**FUNCIÓN LEE POSICIÓN DE HUMANO()**.- Antes que nada hay que indicar que este algoritmo representa un punto crítico en el desarrollo del programa ya que como se mencionó anteriormente se debe verificar que las posiciones introducidas por el jugador humano cumplan las restricciones señaladas en la etapa de Análisis. En efecto, el algoritmo propuesto para esta función es la siguiente:

```
función Lee_Pos_de_Usted()
  haz lo siguiente
    haz lo siguiente
      lee ren_mover
      lee pos_mover
    mientras (ren_mover<1 o ren_mover>8 o
              col_mover<'A' o col_mover>'H')
      si (ren_mover = ESC o col_mover = ESC) abandona partida
    haz lo siguiente
      lee ren_futura
      lee pos_futura
    mientras (ren_futura<1 o ren_futura>8 o
              col_futura<'A' o col_futura>'H')
      si (ren_futura = ESC o col_futura = ESC) abandona partida
    accion = Accion_Humano();
  mientras (accion = 0);
fin
```

A pesar de lo aparatoso del algoritmo su funcionamiento es sencillo: primero se procede a leer la posición inicial representada por los valores ren\_mover (que representa el renglón) y col\_mover (que representa la columna) donde se encuentra la ficha que el jugador humano desea mover, donde la lectura de ambos valores se realiza iterativamente mientras el jugador humano no introduzca un valor dentro de los siguientes rangos:

Para ren\_mover:  $1 \leq \text{ren\_mover} \leq 8$   
Para col\_mover:  $A \leq \text{col\_mover} \leq H$

De igual manera se procede para la lectura de posición futura representada por los valores ren\_futura y col\_futura, donde los rangos

son los mismos que para la posición inicial. Para ambos casos se tiene que si para alguno de ellos el jugador humano pulsa la tecla ESC se abandona la partida actual para de esta manera dar en todo momento la oportunidad al jugador humano de abandonar la partida si así lo considera pertinente. Todo este proceso se repetirá mientras el valor de la variable local acción sea cero, y el valor de tal variable depende de la función Acción\_Humano() que se desglosa a continuación.

**FUNCIÓN ACCIÓN HUMANO()**- Se propone el siguiente algoritmo para esta función que realizará las jugadas del jugador humano:

```
función Accion_Humano()
empieza
si ( Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "HUMANO")
empieza
si (Cuadrícula[pos_mover].ai = pos_futura)
empieza
edo = Verifica_CasillaVacía();
si (edo = 0) Msg_Error(0);
fin
otro caso
si (Cuadrícula[pos_mover].ad = pos_futura)
empieza
edo = Verifica_CasillaVacía();
si (edo = 0) Msg_Error(0);
fin
otro caso
edo = Captura_Humano();
si (edo = 0) Msg_Error(0);
fin otro caso
fin otro caso
fin
otro caso
Msg_Error(-1); edo=0;
fin otro caso
fin de función
```

La explicación es la siguiente: lo primero que se hace es verificar que en pos\_mover (recordar que tanto pos\_mover como pos\_futura son variables globales y por tanto se pueden usar en cualquier función del programa) se encuentre una ficha perteneciente al jugador humano:

**si** ( Cuadrícula[pos\_mover].Atributo = "HUMANO")

en caso negativo se envía un mensaje de error mediante la función **Msg\_Error(-1)** localizada en la parte final de la función, en caso afirmativo el siguiente paso es verificar que pos\_futura corresponda al valor **Cuadrícula[pos\_mover].ai** lo cual indica que el jugador humano desea mover la ficha ubicada en pos\_mover una casilla hacia la izquierda:

**si** (Cuadrícula[pos\_mover].ai = pos\_futura)

en caso de que tal verificación sea cierta lo siguiente es verificar que pos\_futura esté vacía mediante la función **Verifica\_CasillaVacía()**: en caso afirmativo se abandona esta función para proceder a realizar el movimiento respectivo, en caso negativo (cuando la función retorna un valor cero que se almacena en la variable **edo**) se envía el correspondiente mensaje de error:

**empieza**

**edo** = **Verifica\_CasillaVacía()**;

**si** (**edo** = 0) **Msg\_Error(0)**;

**fin**

En caso de que pos\_futura no corresponda al valor **Cuadrícula[pos\_mover].ai** cabe la posibilidad de que pos\_futura sea igual al valor **Cuadrícula[pos\_mover].ad** (lo cual indica que el jugador humano desea mover la ficha ubicada en pos\_mover una casilla hacia la derecha) y se procede de igual manera que para el caso anterior, es decir, se verifica que la casilla esté vacía para, en caso afirmativo, abandonar la función y proceder a realizar el movimiento y en caso negativo enviar el respectivo mensaje de error:

```
empieza
edo = Verifica_CasillaVacía();
si (edo = 0) Msg_Error(0);
fin
```

En caso de que no se cumpla que pos\_futura es igual a Cuadrícula[pos\_mover].ai ó que pos\_futura sea igual al valor Cuadrícula[pos\_mover].ad queda la posibilidad de que en la casilla indicada por pos\_futura se encuentre una ficha de "EDIE", lo cual significaría que el jugador humano desea realizar la captura de tal ficha y se procede a verificar lo anterior mediante lo siguiente:

```
edo = Captura_Humano();
si (edo = 0) Msg_Error(0);
```

En caso negativo (es decir, si la función Captura\_Humano() retorna un valor de cero) se envía un mensaje de error.

A continuación se dan los algoritmos para las funciones Verifica\_CasillaVacía(), Msg\_Error() y Captura\_Humano().

**FUNCION VERIFICA CASILLAVACIA().** El algoritmo que verifica si una casilla dada está vacía es el siguiente:

```
función Verifica_CasillaVacía()
empieza
si (Cuadrícula[pos_futura].Atributo = "NEGRA")
empieza
Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "NEGRA";
Cuadrícula[pos_futura].Atributo = "HUMANO";
Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
Rellena(Cuadrícula[pos_futura].yi,Cuadrícula[pos_futura].xi,
Cuadrícula[pos_futura].Atributo,0);
si (CoronarUsted(pos_futura))
empieza
incrementa marcador_usted; edo=1;
fin
```

**fin**  
**retorna** edo  
**fin de función**

La explicación es la siguiente: si se cumple la condición de que Cuadrícula[pos\_futura].Atributo="NEGRA" se procede a realizar las siguientes modificaciones en el tablero: la casilla pos\_mover se colorea de negro y en la casilla pos\_futura se despliega la ficha del jugador humano localizada anteriormente en pos\_mover, todo mediante el siguiente código:

```
Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "NEGRA";  
Cuadrícula[pos_futura].Atributo = "HUMANO";  
Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,  
        Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);  
Rellena(Cuadrícula[pos_futura].yi,Cuadrícula[pos_futura].xi,  
        Cuadrícula[pos_futura].Atributo,0);
```

Una vez actualizada la situación en el tablero se verifica si el jugador humano, con el movimiento realizado, logró hacer llegar su ficha al extremo opuesto del tablero para que, de ser así, se le otorgue un punto extra en su marcador; la verificación se realiza con la función CoronarUsted() insertada en el siguiente código:

```
si (CoronarUsted(pos_futura))  
  empieza  
    incrementa marcador_usted; edo=1;  
  fin
```

donde también se aprecia que a la variable 'edo' se le asigna el valor 1, el cual es retornado por la función Verifica\_CasillaVacía() para avisar que el jugador humano logró coronar un punto extra, de lo contrario se retorna la variable 'edo' con un valor de cero.

**FUNCION MSG\_ERROR().** El algoritmo de la función que despliega los mensajes de error correspondientes a jugadas no válidas es el siguiente:

```
función Msg_Error(edo)
empieza
  si edo = -1
    escribe "USTED NO TIENE PIEZA AQUI";
  otro caso
    escribe "POSICION FUTURA NO PERMITIDA";
fin
```

El funcionamiento de esta función es sencillo: cuando se recibe como argumento un valor -1 se envía el mensaje alusivo a que el jugador humano no tiene ficha alguna en la casilla dada por pos\_mover, mientras que si se recibe como argumento un valor 0 significa que la posición futura dada por el jugador humano no es válida y se activa el mensaje correspondiente.

**FUNCION CAPTURA HUMANO():** El algoritmo de la función que permite la captura de una ficha al jugador humano es el siguiente:

```
función Captura_Humano()
empieza
  si (Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai = pos_futura y
    Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo = "EDIE" y
    Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo
    = "NEGRA" )
    empieza
      Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "NEGRA";
      Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo = "NEGRA";
      Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo
      = "HUMANO");
      Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
        Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
      Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].yi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].xi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo,0);
      Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].yi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].xi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo,0);
      Incrementa marcador_usted;
```

```
    si (CoronarUsted(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai))
        incrementa marcador_usted;
    retorna 1;
fin
otro caso
empieza
    si (Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad = pos_futura y
        Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo,"EDIE" y
        Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,
        = "NEGRA")
        empieza
            Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "NEGRA";
            Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo="NEGRA"
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,
            = "HUMANO";
            Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
                Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
            Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].yi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].xi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo,0);
            Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].yi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].xi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,0);
        incrementa marcador_usted;
    si (CoronarUsted(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad))
        incrementa marcador_usted;
    retorna 1
fin
fin
fin
```

Lo primero que se hace es verificar que se cumpla la condición necesaria para realizar una captura por el flanco izquierdo mediante el siguiente fragmento de código:

```
si (Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai = pos_futura y
    Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo = "EDIE" y
```

```
Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo  
= "NEGRA" )
```

En caso afirmativo se procede a realizar la captura y la actualización del tablero mediante el siguiente fragmento de código, notando que se retorna un valor 1 en caso de que la captura sea exitosa:

```
empieza  
Cuadrícula[pos_mover].Atributo = "NEGRA";  
Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo = "NEGRA";  
Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo  
= "HUMANO");  
Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,  
Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);  
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].yi,  
Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].xi,  
Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo,0);  
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].yi,  
Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].xi,  
Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[poa_mover].ai].ai].Atributo,0);  
incrementa marcador_usted;  
si (CoronarUsted(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai))  
Incrementa marcador_usted;  
retorna 1;  
fin
```

En caso negativo, se procede a verificar si la captura es por el flanco derecho y, de ser así, se procede a realizar la captura y la actualización del tablero de manera similar a como lo indica el fragmento de código anterior, con la diferencia de que se realiza para el flanco derecho de pos\_mover.

**FUNCION JUEGA EDIE()**- Esta es la función donde se aplican los conocimientos de Inteligencia Artificial pues corresponde a la misma analizar las jugadas posibles para "EDIE" y escoger de entre todas la que sea más conveniente. Para ello se procede de la siguiente manera:

```
función Juega_Edie()
empieza
  desde i =1 hasta i < MAX_CUADROS
  empieza
    si Cuadrícula[i].Atributo = "EDIE"
    empieza
      edo = Analiza_Rama_Izquierda(Cuadrícula[i].bi);
      si (edo <> 0) Llena_Pilas(i,edo,rama);
      edo = Analiza_Rama_Derecha(Cuadrícula[i].bd);
      si (edo <> 0) Llena_Pilas(i,edo,rama);
    fin
  Fincion_Evaluacion();
fin
```

La explicación es la siguiente: para cada casilla que conforma el tablero se verifica si se encuentra una de las fichas de "EDIE", en caso afirmativo se analiza el flanco izquierdo con la función Analiza\_Rama\_Izquierda y dependiendo del valor que retorne esta función se realiza lo siguiente:

Si edo = 1 significa que se puede realizar una CAPTURA y se almacena el número de casilla mediante la función Llena\_Pilas(), que la almacenará en el arreglo Pila\_Uno.

Si edo = 2 significa que "EDIE" puede PROTEGER una de sus fichas y se almacena el número de casilla mediante la función Llena\_Pilas() en el arreglo Pila\_Dos.

Si edo = 3 significa que "EDIE" puede mover su ficha en lo que se conoce como JUGADA NEUTRAL, es decir: ni protege una de sus fichas ni realiza una captura, y se almacena el número de casilla en el arreglo Pila\_Tres.

Si edo = 4 significa que "EDIE" sólo puede mover realizar un MOVIMIENTO LEGAL con la ficha localizada en Cuadrícula[i] aún a costa de que la misma sea capturada por el jugador humano. El número de casilla es almacenado en el arreglo Pila\_Cuatro.

El número que puede adquirir la variable 'edo' también implica la prioridad que "EDIE" dará a las jugadas al momento de escoger la que realizará mediante la función `Función_Evaluación()`, es decir:

- primero escogerá alguna de las posiciones almacenadas en `Pila_Uno` (en caso de que haya al menos una), pues eso le garantiza incrementar su marcador a "EDIE".

- de no haber almacenada posición alguna en `Pila_Uno` se procede a escoger alguna jugada de `Pila_Dos` (en caso de que tenga al menos una jugada almacenada) pues eso garantiza que "EDIE" proteja alguna de sus fichas.

- de no haber almacenada posición alguna en `Pila_Dos` se procede a escoger alguna de las posiciones almacenadas en `Pila_Tres`, en caso de que haya posición alguna almacenada, pues así se garantiza que "EDIE" realice una jugada neutra.

- si no hay posición alguna almacenada en `Pila_Uno`, `Pila_Dos` y `Pila_Tres` se procede, como último recurso, a escoger alguna posición de las almacenadas en `Pila_Cuatro`, se dice que es último recurso porque sólo se estará realizando una jugada válida que incluso puede conducir, en el siguiente movimiento, a que el jugador humano capture alguna de las fichas de "EDIE".

Los cuatro casos antes mencionados (Captura, Proteger, Jugada Neutral y Movimiento Legal) corresponden a los patrones con los cuales jugará "EDIE", es por eso que la técnica de Inteligencia Artificial usada en este programa es la de **ESPACIO DE ESTADOS**, la cual llamó mi interés porque no hay referencias de que se le haya empleado en programas de Juego de Damas (su mayor aplicación ha sido en programas de Ajedrez).

A continuación se desglosan los algoritmos para las funciones `Analiza_Rama_Izquierda()` y `Analiza_Rama_Derecha()`, así como `Llena_Pilas()` y `Función_Evaluación()`.

**FUNCION ANALIZA RAMA IZQUIERDA()**.- Su algoritmo es el siguiente:

```
función Analiza_Rama_Izquierda(bi)
empieza
  si Cuadrícula[bi].Atributo = "NEGRA"
    empieza
      si Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi].Atributo = "EDIE" edo=2;
      otro caso
        empieza
          si Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi].Atributo = "NEGRA"
            edo=3;
          otro caso si EDIE puede capturar edo = 1
          otro caso edo = 0
        fin
      fin
    otro caso
      empieza
        si Cuadrícula[bi].Atributo = "HUMANO"
          edo=VerificaCaptura(Cuadrícula[bi].bi);
        fin
      retorna edo;
    fin de función
```

La explicación es la siguiente: se verifica si la casilla adyacente izquierda de la casilla indicada por el argumento 'bi' (es decir: Cuadrícula[bi]) está vacía mediante el código: \*

```
si Cuadrícula[bi].Atributo = "NEGRA"
```

para luego clasificar la jugada de acuerdo a lo siguiente:

a) Si existe la posibilidad de proteger una ficha propia, se le asigna a la variable 'edo' el valor 2 mediante el código:

```
si Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi].Atributo = "EDIE" edo=2;
```

b) Si sólo existe la posibilidad de avanzar la ficha en cuestión una casilla hacia adelante se asigna a la variable 'edo' el valor 3 mediante el código:

si Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bj].Atributo = "NEGRA" edo=3;

c) Si existe la posibilidad de realizar una captura se asigna a la variable 'edo' el valor 1 el cual implica el tipo de jugadas más importantes para "EDIE", esto mediante el siguiente código:

otro caso si EDIE puede capturar edo = 1

d) En caso de que no se cumpla alguno de los siguientes casos se asigna a la variable 'edo' el valor 0:

otro caso edo = 0

La variable 'edo' es retomada por la función para de esta manera clasificar la jugada en cuestión y almacenarla en alguno de los arreglos Pila\_Uno, Pila\_Dos, Pila\_Tres y Pila\_Cuatro.

El procedimiento para la función Analiza\_Rama\_Derecha() es exactamente igual que la anterior con la salvedad de que el proceso se realiza para la casilla adyacente derecha de la casilla indicada por el argumento 'bd' (es decir: Cuadrícula[bd]).

**FUNCION LLENA PILAS()**- Su algoritmo es el siguiente:

**función** Llena\_Pilas(edo, i)

**empieza**

**si** edo = 1 **almacena** i en Pila\_Uno

**si** edo = 2 **almacena** i en Pila\_Dos

**si** edo = 3 **almacena** i en Pila\_Tres

**si** edo = 4 **almacena** i en Pila\_Cuatro

**fin de función**

**FUNCION FUNCION EVALUACION()**- Su algoritmo es el siguiente:

```
función Funcion_Evaluacion()
empieza
  si (Pila_Uno no está vacía)
    empieza
      escoge jugada de Pila_Uno
      realiza captura
    fin
  si (Pila_Uno está vacía)
    empieza
      si (Pila_Dos no está vacía)
        empieza
          escoge jugada de Pila_Dos
          realiza jugada
        fin
      fin
    si (Pila_Dos está vacía)
      empieza
        si (Pila_Tres no está vacía)
          empieza
            escoge jugada de Pila_Tres
            realiza jugada
          fin
        fin
      si (Pila_Tres está vacía)
        empieza
          si (Pila_Cuatro no está vacía)
            empieza
              escoge jugada de Pila_Cuatro
              realiza jugada
            fin
          fin
        fin
      fin
    fin
  fin
fin de función
```

El algoritmo anterior es sencillo: primero se verifica si se puede escoger una jugada de Pila\_Uno (donde se almacenan las posibles capturas), en caso contrario se verifica si se puede escoger jugada de Pila\_Dos (donde se almacenan las jugadas que protegen fichas de "EDIE") de lo contrario se verifica si se puede elegir jugada de

Pila\_Tres (donde se almacenan las jugadas neutrales) y si no hay jugada posible en ninguna de los arreglos anteriores se escoge jugada de Pila\_Cuatro (que almacena sólo jugadas válidas).

### **ETAPA DE CODIFICACION**

A continuación se da el listado que representa la codificación de los algoritmos dados anteriormente, recordando que la codificación se hizo en lenguaje C y aclarando que para mayor entendimiento del código se ha dividido éste en tres partes a saber:

1.- El programa principal EDIE.C donde se encuentra el algoritmo principal además de otras funciones relativas al desplégue del tablero y Marcador en pantalla.

2.- La librería EDIE.H donde se encuentran todas las funciones relativas al análisis y selección de jugadas por parte de "EDIE".

3.- La librería HUMANO.H donde se encuentran todas las funciones relativas al análisis y selección de jugadas por parte del jugador humano.

4.- La librería GENERAL.H donde se encuentran todas las funciones de uso general tanto por parte de "EDIE" como por parte del jugador humano.

Los cuatro archivos antes mencionados se muestran a continuación.

PROGRAMA PRINCIPAL EDIE.C

```
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <graphics.h>
#include <string.h>
#include <dos.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include "general.h"
#include "edie.h"
#include "humano.h"

    /***** FUNCION QUE DESPLIEGA NOTACION
    /***** DE TABLERO

void Notacion(){
setcolor(YELLOW); settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
    // NOTACION PARA RENGLONES
outtextxy(40,50,"8");   outtextxy(40,90,"7");
outtextxy(40,130,"6"); outtextxy(40,170,"5");
outtextxy(40,210,"4"); outtextxy(40,250,"3");
outtextxy(40,290,"2"); outtextxy(40,330,"1");
    // NOTACION PARA COLUMNAS
outtextxy(85,370,"A"); outtextxy(125,370,"B");
outtextxy(165,370,"C"); outtextxy(205,370,"D");
outtextxy(245,370,"E"); outtextxy(285,370,"F");
outtextxy(325,370,"G"); outtextxy(365,370,"H");
setcolor(WHITE); settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
}

    /***** FUNCION QUE DIBUJA FONDO Y MARCO
    /******

void Fondo_Marco(){
int controlador=DETECT, modo;
initgraph(&controlador,&modo,"c:\\tc\\bgi"); //RUTA CONTROLADORES
GRAFICOS
setbkcolor(BLUE); //COLOREA FONDO PANTALLA DE AZUL
Marco(0,0,getmaxx(),getmaxy(),YELLOW); //DIBUJA BORDE DE PANTALLA
}
```

```

//**** FUNCION QUE DIBUJA VENTANAS
//*****

void Ventanas(){
setcolor(WHITE); //EL COLOR DE VENTANAS Y MENSAJES SERA BLANCO
rectangle(420,40,getmaxx()-40,190); //VENTANA DE MARCADOR
rectangle(420,40,getmaxx()-40,90); //VENTANA DE ENCABEZADO
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2); outtextxy(440,80,"MARCADOR");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1); outtextxy(430,120,"EDIE [N]: ");
outtextxy(430,160,"USTED [B]: ");
rectangle(420,200,getmaxx()-40,350); //VENTANA DE MOVIMIENTOS
rectangle(420,200,getmaxx()-40,250); //VENTANA DE ENCABEZADO
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
outtextxy(425,220,"MOVIMIENTOS");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1); outtextxy(430,270,"POS. A
MOVER:");
outtextxy(430,300,"POS. FUTURA :"); outtextxy(450,330,"EJEMPLO: 4,D");
outtextxy(420,360,"[ESC] = ABANDONAR JUEGO");
}

//**** FUNCION QUE COLOCA MARCADOR
//*****

void Marcador(){
char buffer[13];
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
setviewport(520,115,560,180,1); clearviewport();
itoa(marcador_edie,buffer,10); outtextxy(0,2,buffer); //MARCADOR EDIE
itoa(marcador_usted,buffer,10); outtextxy(0,37,buffer); //MARCADOR HUMANO
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
setviewport(0,0,getmaxx(),getmaxy(),1);
}

//*** FUNCION QUE DIBUJA TABLERO
//*****

void Tablero(){
int i;
Fondo_Marco(); Notacion(); Ventanas();
Marco(80,20,403,363,WHITE); //BORDE BLANCO DE TABLERO
for(i=0;i<MAX_CUADROS;i++) {
rectangle(Cuadrícula[i].y,Cuadrícula[i].xi,Cuadrícula[i].yf,Cuadrícula[i].xf);
Rellena(Cuadrícula[i].y,Cuadrícula[i].xi,Cuadrícula[i].Atributo,0); } }

```

```
        //**** FUNCION PRINCIPAL
void main(){
    int j=1, edo1=0, edo2=0, k,abandonar;
    union tecla tcl;
    _setcursortype(_NOCURSOR);
    do{
        if(!edo1) { Despliega_Menu(); edo1=1; }
        tcl.r=leetcid();
        if(!tcl.cod[0]) {
            k=j-1;
            switch(tcl.cod[1]){
                case FA: j--; If(j<1) j=MAX_OPC;
                    break;
                case FB: j++; If(j>MAX_OPC) j=1;
                    break;
            }//switch
            Pon_Opcion(j-1,GREEN,BLUE,j-1); Pon_Opcion(k,MAGENTA,YELLOW,-1);
        }//if
        else{
            if(tcl.cod[1]==ENTER){
                switch(j){
                    case 1: Explica(); edo1=0; break;
                    case 2: InicializaTablero(); Tablero(); Marcador();
                        do{
                            abandonar=Lee_Poe_Uated(); If(abandonar) break;
                            Marcador(); If(marcador_usted==8) break;
                            Juega_Edie(); Marcador();
                        }while(marcador_usted<8 && marcador_edie<8);
                            AnunciaGanador(); edo1=0;
                        break;
                    case 3: edo2=1; break;
                }//switch
            }//if
        }//else
    }while(!edo2);
    Final();
} //**** FIN DE PRINCIPAL
```

LIBRERIA GENERAL.H

```
#define MAX_CUADROS 65
#define ESC 1
#define ENTER 28
#define FA 72
#define FB 80
#define TN 1
#define FN 2
#define TC 14
#define FC 5
#define MAX_OPC 3
int marcador_edie=0,marcador_usted=0,pos_mover,pos_futura;
struct CUADRO{ //ESTRUCTURA PARA CASILLAS DEL TABLERO
    int xl,yi,xf,yf,ai,ad,bd,bi;
    char Atributo[10];
}Cuadrícula[MAX_CUADROS];
int conta_1,conta_2,conta_3,conta_4;

struct PILA{ //ESTRUCTURA PARA ALMACENAR JUGADAS DE "EDIE"
    int pos;
    char Rama[10];
} Pila_Uno[8],Pila_Dos[8],Pila_Tres[8],Pila_Cuatro[8];

struct OPCIONES{ //ESTRUCTURA PARA OPCIONES DEL MENU GENERAL
    int x,y,w,z;
    char nombre[20],mensaje[60];
}Opciones[MAX_OPC];

union tecla //ESTRUCTURA PARA LECTURA DEL TECLADO
{ int r; char cod[2]; };

//**** FUNCION QUE CREA CADA CUADRO DEL
//***** TABLERO
void Crea_Cuadro(int i, int Ai, int AD, int BD, int Bi, int Yi,
    int Xi, int YF, int XF, char atributo){
    Cuadrícula[i].xl=Xi; Cuadrícula[i].yi=Yi;
    Cuadrícula[i].xf=XF; Cuadrícula[i].yf=YF;
```

```
Cuadrícula[i].ai=Ai; Cuadrícula[i].ad=AD;
Cuadrícula[i].bd=BD; Cuadrícula[i].bi=Bi;
strcpy(Cuadrícula[i].Atributo,atributo);
}

//**** FUNCION QUE INICIALIZA TABLERO
//*****

void InicializaTablero(){
    Crea_Cuadro(1, 0, 0, 0, 0, 70, 30, 110, 70, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(2, 0, 9, 11, 0, 70, 70, 110, 110, "EDIE");
    Crea_Cuadro(3, 0, 0, 0, 0, 70, 110, 110, 150, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(4, 0, 11, 13, 0, 70, 150, 110, 190, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(5, 0, 0, 0, 0, 70, 190, 110, 230, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(6, 0, 13, 15, 0, 70, 230, 110, 270, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(7, 0, 0, 0, 0, 70, 270, 110, 310, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(8, 0, 15, 0, 0, 70, 310, 110, 350, "HUMANO");

    Crea_Cuadro(9, 0, 0, 18, 2, 110, 30, 150, 70, "EDIE");
    Crea_Cuadro(10, 0, 0, 0, 0, 110, 70, 150, 110, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(11, 2, 18, 20, 4, 110, 110, 150, 150, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(12, 0, 0, 0, 0, 110, 150, 150, 190, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(13, 4, 20, 22, 6, 110, 190, 150, 230, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(14, 0, 0, 0, 0, 110, 230, 150, 270, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(15, 6, 22, 24, 8, 110, 270, 150, 310, "HUMANO");
    Crea_Cuadro(16, 0, 0, 0, 0, 110, 310, 150, 350, "BLANCA");

    Crea_Cuadro(17, 0, 0, 0, 0, 150, 30, 190, 70, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(18, 9, 25, 27, 11, 150, 70, 190, 110, "EDIE");
    Crea_Cuadro(19, 0, 0, 0, 0, 150, 110, 190, 150, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(20, 11, 27, 29, 13, 150, 150, 190, 190, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(21, 0, 0, 0, 0, 150, 190, 190, 230, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(22, 13, 29, 31, 15, 150, 230, 190, 270, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(23, 0, 0, 0, 0, 150, 270, 190, 310, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(24, 15, 31, 0, 0, 150, 310, 190, 350, "HUMANO");

    Crea_Cuadro(25, 0, 0, 34, 18, 190, 30, 230, 70, "EDIE");
    Crea_Cuadro(26, 0, 0, 0, 0, 190, 70, 230, 110, "BLANCA");
    Crea_Cuadro(27, 18, 34, 36, 20, 190, 110, 230, 150, "NEGRA");
    Crea_Cuadro(28, 0, 0, 0, 0, 190, 150, 230, 190, "BLANCA");
```

Crea\_Cuadro(29, 20, 36, 38, 22, 190, 190, 230, 230, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(30, 0, 0, 0, 0, 190, 230, 230, 270, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(31, 22, 38, 40, 24, 190, 270, 230, 310, "HUMANO");  
Crea\_Cuadro(32, 0, 0, 0, 0, 190, 310, 230, 350, "BLANCA");

Crea\_Cuadro(33, 0, 0, 0, 0, 230, 30, 270, 70, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(34, 25, 41, 43, 27, 230, 70, 270, 110, "EDIE");  
Crea\_Cuadro(35, 0, 0, 0, 0, 230, 110, 270, 150, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(36, 27, 43, 45, 29, 230, 150, 270, 190, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(37, 0, 0, 0, 0, 230, 190, 270, 230, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(38, 29, 45, 47, 31, 230, 230, 270, 270, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(39, 0, 0, 0, 0, 230, 270, 270, 310, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(40, 31, 47, 0, 0, 230, 310, 270, 350, "HUMANO");

Crea\_Cuadro(41, 0, 0, 50, 34, 270, 30, 310, 70, "EDIE");  
Crea\_Cuadro(42, 0, 0, 0, 0, 270, 70, 310, 110, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(43, 34, 50, 52, 36, 270, 110, 310, 150, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(44, 0, 0, 0, 0, 270, 150, 310, 190, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(45, 36, 52, 54, 38, 270, 190, 310, 230, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(46, 0, 0, 0, 0, 270, 230, 310, 270, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(47, 38, 54, 56, 40, 270, 270, 310, 310, "HUMANO");  
Crea\_Cuadro(48, 0, 0, 0, 0, 270, 310, 310, 350, "BLANCA");

Crea\_Cuadro(49, 0, 0, 0, 0, 310, 30, 350, 70, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(50, 41, 57, 59, 43, 310, 70, 350, 110, "EDIE");  
Crea\_Cuadro(51, 0, 0, 0, 0, 310, 110, 350, 150, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(52, 43, 59, 61, 45, 310, 150, 350, 190, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(53, 0, 0, 0, 0, 310, 190, 350, 230, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(54, 45, 61, 63, 47, 310, 230, 350, 270, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(55, 0, 0, 0, 0, 310, 270, 350, 310, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(56, 47, 63, 0, 0, 310, 310, 350, 350, "HUMANO");

Crea\_Cuadro(57, 0, 0, 0, 50, 350, 30, 390, 70, "EDIE");  
Crea\_Cuadro(58, 0, 0, 0, 0, 350, 70, 390, 110, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(59, 50, 0, 0, 52, 350, 110, 390, 150, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(60, 0, 0, 0, 0, 350, 150, 390, 190, "BLANCA");  
Crea\_Cuadro(61, 52, 0, 0, 54, 350, 190, 390, 230, "NEGRA");  
Crea\_Cuadro(62, 0, 0, 0, 0, 350, 230, 390, 270, "BLANCA");

```
Crea_Cuadro(63, 54, 0, 0, 56, 350, 270, 390, 310, "HUMANO");
Crea_Cuadro(64, 0, 0, 0, 0, 350, 310, 390, 350, "BLANCA");
marcador_usted=marcador_edie=0; //INICIALIZACION DE MARCADORES
}
```

```
/***** FUNCION QUE DIBUJA UN MARCO
*****
```

```
void Marco(int xl,int yi,int xf,int yf,int color){
int n; yf-=9; xf-=9;
setcolor(color);
outtextxy(xl,yf,"+"); outtextxy(xf,yf,"+");
outtextxy(xl,yf,"+"); outtextxy(xl,yf,"+");
for(n=xi+1;n<xf;n++) { outtextxy(n,yf,"|"); outtextxy(n,yf,"|"); }
for(n=yi+1;n<yf;n++) { outtextxy(xl,n,"-"); outtextxy(xf,n,"-"); } }
```

```
/***** FUNCION QUE GENERA INTERRUPCION PARA
***** LEER EL TECLADO
```

```
int leetcd(){
union REGS r;
r.h.ah=0; return int86(0x16,&r,&r); }
```

```
/****** FUNCION QUE OBTIENE POS. A MOVER
***** DEL HUMANO (si temp=0 eligio casilla blanca)
```

```
int Obtiene_Pos(int ren,char col){
int temp=0;
if(ren==7 && col=='A') temp=2; if(ren==5 && col=='A') temp=4;
if(ren==3 && col=='A') temp=6; if(ren==1 && col=='A') temp=8;
if(ren==8 && col=='B') temp=9; if(ren==6 && col=='B') temp=11;
if(ren==4 && col=='B') temp=13; if(ren==2 && col=='B') temp=15;

if(ren==7 && col=='C') temp=18; if(ren==5 && col=='C') temp=20;
if(ren==3 && col=='C') temp=22; if(ren==1 && col=='C') temp=24;
if(ren==8 && col=='D') temp=25; if(ren==6 && col=='D') temp=27;
if(ren==4 && col=='D') temp=29; if(ren==2 && col=='D') temp=31;

if(ren==7 && col=='E') temp=34; if(ren==5 && col=='E') temp=36;
if(ren==3 && col=='E') temp=38; if(ren==1 && col=='E') temp=40;
if(ren==8 && col=='F') temp=41; if(ren==6 && col=='F') temp=43;
if(ren==4 && col=='F') temp=45; if(ren==2 && col=='F') temp=47;
```

```
if((ren==7 && col=='G') temp=50;    if((ren==5 && col=='G') temp=52;
if((ren==3 && col=='G') temp=54;    if((ren==1 && col=='G') temp=56;
if((ren==8 && col=='H') temp=57;    if((ren==6 && col=='H') temp=59;
if((ren==4 && col=='H') temp=61;    if((ren==2 && col=='H') temp=63;
return temp; }
```

```
/**** FUNCION SIRENA
```

```
void Sirena(int frec){
If(frec>100) Sirena(frec-100);
sound(frec); delay(130); nosound(); }
```

```
/**** FUNCION QUE DESPLIEGA MENSAJE DE ERROR
```

```
/******
```

```
void Msg_Error(int edo){
switch(edo){
case -1:
setviewport(180,400,490,465,1); clearviewport();
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
Marco(0,0,310,65,LIGHTCYAN); setcolor(LIGHTCYAN);
settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
outtextxy(10,20,"USTED NO TIENE PIEZA AQUI");
Sirena(1000); clearviewport(); setviewport(0,0,getmaxx(),getmaxy(),1);
break;
case 0:
setviewport(180,400,490,465,1); clearviewport();
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
Marco(0,0,310,65,LIGHTGREEN); setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
outtextxy(15,20,"POS. FUTURA NO PERMITIDA");
Sirena(1000); clearviewport(); setviewport(0,0,getmaxx(),getmaxy(),1);
break;
}
}
```

```
/**** FUNCION QUE RELLENA TABLERO
```

```
/******
```

```
void Rellena(int y,int xi,char* atributo,int avisa){
int j;
```

```
if(lavisa){
  if(!strcmp(atributo,"BLANCA")){ //RELLENA CASILLA BLANCA
    setfillstyle(SOLID_FILL,GREEN); floodfill(yi+20,xi+20,WHITE);
    return; }
  if(!strcmp(atributo,"NEGRA")){ //RELLENA CASILLA NEGRA
    setfillstyle(SOLID_FILL,BROWN); floodfill(yi+20,xi+20,WHITE);
    return; }
  if(!strcmp(atributo,"EDIE")){ //DESPLIEGA FICHA DE EDIE
    setfillstyle(SOLID_FILL,BROWN); floodfill(yi+20,xi+20,WHITE);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    setcolor(YELLOW); outtextxy(yi+10,xi+10,"N");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1); setcolor(WHITE);
    return; }
  if(!strcmp(atributo,"HUMANO")){ //DESPLIEGA FICHA DE HUMANO
    setfillstyle(SOLID_FILL,BROWN); floodfill(yi+20,xi+20,WHITE);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    setcolor(LIGHTCYAN); outtextxy(yi+10,xi+10,"B");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1); setcolor(WHITE);
    return; }
}
else{
  settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
  for(j=1;j<=8;j++){
    setcolor(BLUE); outtextxy(yi+10,xi+10,"N"); delay(200);
    setcolor(YELLOW); outtextxy(yi+10,xi+10,"N"); delay(200); }
  settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
}

//**** FUNCION QUE ANUNCIA CUALES ES EL GANADOR
//*****

void AnunciaGanador(){
  setviewport(180,400,480,465,1); clearviewport();
  settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
  if(marcador_usted==8){
    Marco(0,0,310,65,LIGHTCYAN); setcolor(LIGHTCYAN);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,3);
    outtextxy(15,20,"¡GANO USTEDI!"); Sirena(1000); leetcd(); }
  if(marcador_edie==8){
```

```
Marco(0,0,310,65,LIGHTMAGENTA); setcolor(LIGHTMAGENTA);
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,3);
outtextxy(15,20,"¡GANO EDIEI"); Sirena(1000); leetcid(); }
closegraph(); }
```

```
/**** FUNCION MARCO
```

```
*****
```

```
void Borde(int xl,int yl,int xf,int yf){
int i;
textcolor(YELLOW);
gotoxy(yf,xl); cprintf("+"); gotoxy(yf,xf); cprintf("+");
gotoxy(yl,xl); cprintf("+"); gotoxy(yl,xf); cprintf("+");
for(i=xl+1;i<xf;i++){ gotoxy(yl,i); cprintf("|"); gotoxy(yf,i); cprintf("|"); }
for(i=yl+1;i<yf;i++){ gotoxy(i,xl); cprintf("-"); gotoxy(i,xf); cprintf("-"); }
}
```

```
/**** FUNCION QUE CREA OPCIONES EN LA ESTRUCTURA
```

```
***** CORRESPONDIENTE
```

```
void Crea_Opcion(int col,int ren,char* nom,int i,char* msg,int a,int b){
Opciones[i].x=ren; Opciones[i].y=col;
Opciones[i].w=a; Opciones[i].z=b;
strcpy(Opciones[i].nombre,nom); strcpy(Opciones[i].mensaje,msg);
}
```

```
/**** FUNCION QUE PONE OPCIONES
```

```
*****
```

```
void Pon_Opcion(int l,int fondo,int letra,int edo){
textbackground(fondo); textcolor(letra); //
gotoxy(Opciones[i].y,Opciones[i].x); cprintf("%s",Opciones[i].nombre);
textbackground(BLUE); textcolor(YELLOW);
if(edo>-1){
gotoxy(10,23); clrscr(); gotoxy(80,23); cprintf("");
gotoxy(Opciones[i].z,Opciones[i].w);
cprintf("%s",Opciones[i].mensaje); }
}
```

```
/**** FUNCION QUE COLOREA FONDO
```

```
*****
```

```
void Colorea(int xl,int yl,int xf,int yf,int color){
int i;
textcolor(color);
```

```
if((xf-xi)==1) { for(i=0;i<yf-yi;i++) { gotoxy(yi+i,xi); cprintf("_"); }
else { for(i=0;i<xf-xi;i++) { gotoxy(yi,xi+i); cprintf("_"); } }

//***** FUNCION QUE DESPLIEGA MENU PRINCIPAL
//*****

void Despliega_Menu(){
int ren=5, col=32, i;
clrscr(); textbackground(BLUE); clrscr(); Borde(1,1,24,80);
gotoxy(27,ren-1); cprintf("== MENU DE OPCIONES ==");
Colorea(ren+16,col-05,ren+17,col+24,0); Colorea(ren+03,col+23,ren+17,col+24,0);
Borde(ren+2,col-6,ren+15,col+22);
Crea_Opcion(col+1,ren+5,"1.- EXPLICA",0,"Texto explicativo del Sistema",23,27);
Crea_Opcion(col+1,ren+8, "2.- COMENZAR ",1,"Comienza Juego con el programa
EDIE",23,24);

Crea_Opcion(col+1,ren+11,"3.- SALIR ",2,"Salir del Sistema",23,35);
for(i=0;i<MAX_OPC;i++) Pon_Opcion(i,MAGENTA,YELLOW,-1);
Pon_Opcion(0,GREEN,BLUE,0); //COLOREA OPCION ACTUAL
_setcursortype(_NOCURS); //DESAPARCE CURSOR
}

//**** MODULO QUE DIBUJA CUADROS
//****

void Cuadro(int xini, int yini, int xfin, int yfin){
int n;
gotoxy(yini,xini); cprintf("+"); gotoxy(yfin,xfin); cprintf("+");
gotoxy(yfin,xini); cprintf("+"); gotoxy(yini,xfin); cprintf("+");
for(n=xini+1;n<xfin;n++)
{ gotoxy(yini,n); cprintf("|"); gotoxy(yfin,n); cprintf("|"); }
for(n=yini+1;n<yfin;n++) { gotoxy(n,xini); cprintf("-"); gotoxy(n,xfin);
cprintf("-"); } }
```

### LIBRERIA EDIE.H

```
//***** FUNCION QUE VERIFICA SI EDIE PUEDE CORONAR
//*****

int CoronarEdie(int l){
int temp=4;
if(l==8) return 1; if(l==24) return 1;
if(l==40) return 1 if(l==56) return 1;
```

```
return temp; }

        /******* FUNCION QUE LLENA PILAS
void Llena_Pilas(Int i,int edo,char* rama){
switch(edo){
    case 1: { conta_1++; Pila_Uno[conta_1].pos=i;
              strcpy(Pila_Uno[conta_1].Rama,rama); } break;
    case 2: { conta_2++; Pila_Dos[conta_2].pos=i;
              strcpy(Pila_Dos[conta_2].Rama,rama); } break;
    case 3: { conta_3++; Pila_Tres[conta_3].pos=i;
              strcpy(Pila_Tres[conta_3].Rama,rama); } break;
    case 4: { conta_4++; Pila_Cuatro[conta_4].pos=i;
              strcpy(Pila_Cuatro[conta_4].Rama,rama); } break;
} }

        /******* FUNCION QUE LIMPIA PILAS E INICIALIZA
        /******* CONTADORES
void Limpia_Pilas(){
int i;
for(i=0;i<8;i++){
    Pila_Uno[i].pos=0; Pila_Dos[i].pos=0;
    Pila_Tres[i].pos=0; Pila_Cuatro[i].pos=0;
    strcpy(Pila_Uno[i].Rama,""); strcpy(Pila_Dos[i].Rama,"");
    strcpy(Pila_Tres[i].Rama,""); strcpy(Pila_Cuatro[i].Rama,""); }
conta_1=conta_2=conta_3=conta_4=-1; }

        /****** FUNCION QUE VERIFICA SI EDIE PUEDE CAPTURAR
        /*******
int VerificaCaptura(int i){
int temp=0;
if(!strcmp(Cuadrícula[i].Atributo,"NEGRA")) return 1;
return temp; }

        /******* FUNCION QUE ANALIZA RAMA DERECHA
        /*******
Int Analiza_Rama_Derecha(int bd){
int edo=0;
if(!strcmp(Cuadrícula[bd].Atributo,"NEGRA")){
    if(!strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[bd].bd].Atributo,"EDIE")) edo=2;
```

```
else{ if(!strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[bd].bd].Atributo,"NEGRA")) edo=3;
      else edo=CoronarEdie(bi); }
if(edo==4 && (bd>=57 && bd<=64)) edo=3;
}
else{ if(!strcmp(Cuadrícula[bd].Atributo,"HUMANO"))
      edo=VerificaCaptura(Cuadrícula[bd].bd); }
return edo; }
```

```
/****** FUNCION QUE ANALIZA RAMA IZQUIERDA
*****
```

```
int Analiza_Rama_Izquierda(int bi){
int edo=0;
if(!strcmp(Cuadrícula[bi].Atributo,"NEGRA")){
  if(!strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi].Atributo,"EDIE")) edo=2;
  else { if(!strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi].Atributo,"NEGRA")) edo=3;
        else edo=CoronarEdie(Cuadrícula[Cuadrícula[bi].bi]) }
}
else{ if(!strcmp(Cuadrícula[bi].Atributo,"HUMANO"))
      edo=VerificaCaptura(Cuadrícula[bi].bi); }
return edo; }
```

```
/****** FUNCION QUE REALIZA CAPTURA DE EDIE
*****
```

```
void Captura_Edie(int jugada){
strcpy(Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].Atributo,"NEGRA");
Rellena(Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].yi,
        Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].xi,
        Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].Atributo,1);
Rellena(Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].yi,
        Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].xi,
        Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].Atributo,0);
if(!strcmp(Pila_Uno[jugada].Rama,"IZQUIERDA")){
  if(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi){
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].Atributo,"NEGRA");
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi].Atributo,
           "EDIE");
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].xi,
```

```
    Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].Atributo,0);
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi].yl,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi].Atributo,0);
    marcador_edie++; //INCREMENTA MARCADOR DE "EDIE"
    if(CoronarEdie(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].bi)==1)
        marcador_edie++; //AQUI VERIFICA PUNTO EXTRA
    }//if
    else{ //NO ES CAPTURA, SOLO PUNTO EXTRA
        strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].Atributo,
            "EDIE");
        Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].yi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].xi,
                Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bi].Atributo,0);
        marcador_edie++; }
    }
    else{
        if(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd){
            strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].Atributo,"NEGRA");
            strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd].Atributo,
                "EDIE");
            Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].yi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].xi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].Atributo,0);
            Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd].yi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd].xi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd].Atributo,0);
            marcador_edie++;
            if(CoronarEdie(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].bd)==1)
                marcador_edie++; //AQUI VERIFICA PUNTO EXTRA
        }//if
        else{ //NO ES CAPTURA SOLO PUNTO EXTRA
            strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].Atributo,"EDIE");
            Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].yi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].xi,
                    Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Uno[jugada].pos].bd].Atributo,0);
            marcador_edie++; }
        }
    }
}
```

```

//**** FUNCION QUE GENERA ALEATORIO PARA
//***** ESCOGER JUGADA
Int Escoge_Jugada(int contador){
int temp;
randomize();
do temp=random(contador+1); while(temp>contador);
return temp; }

//**** FUNCION DE JUGADA PARA PILA 2
void Mueve_Edie_2(Int jugada){
Rellena(Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].yi,Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].xi,
Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].Atributo,1);
strcpy(Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].Atributo,"NEGRA");
Rellena(Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].yi,Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].xi,
Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].Atributo,0);
if(!strcmp(Pila_Dos[jugada].Rama,"IZQUIERDA")){
strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bi].Atributo,"EDIE");
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bi].yi,
Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bi].xi,
Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bi].Atributo,0); }
else{
strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bd].Atributo,"EDIE");
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bd].yi,
Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bd].xi,
Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Dos[jugada].pos].bd].Atributo,0); }
}

//**** FUNCION DE JUGADA PARA PILA 3
//*****
void Mueve_Edie_3(int jugada){
Rellena(Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].yi,Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].xi,
Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].Atributo,1);
strcpy(Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].Atributo,"NEGRA");
Rellena(Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].yi,Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].xi,
Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].Atributo,0);
if(!strcmp(Pila_Tres[jugada].Rama,"IZQUIERDA")){
strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bi].Atributo,"EDIE");
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bi].yi,
Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bi].xi,
```

```
        Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bi].Atributo,0); }
else{
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bd].Atributo,"EDIE");
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bd].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bd].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Tres[jugada].pos].bd].Atributo,0); }
}

    /***** FUNCION DE JUGADA PARA PILA 4
    /******
void Mueve_Edie_4(int jugada){
Rellena(Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].yi,
        Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].xi,
        Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].Atributo,1);
strcpy(Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].Atributo,"NEGRA");
Rellena(Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].yi,
        Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].xi,
        Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].Atributo,0);
if(!strcmp(Pila_Cuatro[jugada].Rama,"IZQUIERDA")){
strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bi].Atributo,"EDIE");
Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bi].yi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bi].xi,
        Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bi].Atributo,0); }
else{
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bd].Atributo,"EDIE");
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bd].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bd].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Pila_Cuatro[jugada].pos].bd].Atributo,0); }
}

    /***** FUNCION DE EVALUACION
    /******
void Funcion_Evaluacion(){
int jugada=-1;
if(conta_1!=-1) { jugada=Escoge_Jugada(conta_1);
                Captura_Edie(jugada); return; }
else{
    if(conta_2!=-1) { jugada=Escoge_Jugada(conta_2);
                    Mueve_Edie_2(jugada); return; }
    else{
```

```
if(conta_3!=1) { jugada=Escoge_Jugada(conta_3);
                Mueve_Edie_3(jugada); return; }
else{
    if(conta_4!=1) { jugada=Escoge_Jugada(conta_4);
                    Mueve_Edie_4(jugada); return; }
    }
} //else
} //else
if(jugada==1) marcador_usted=8; //POR SI NO HAY JUGADA POSIBLE
//PARA EDIE, SE OTORGA JUEGO AL HUMANO
}

//***** FUNCION QUE CLASIFICA POSIBLES
//***** JUGADAS DE EDIE
void Juega_Edie(){
int i,edo=0; char rama[10];
strcpy(rama,""); Limpia_Pilas();
for(i=1;i<MAX_CUADROS;i++){
    if(!strcmp(Cuadrícula[i].Atributo,"EDIE")){
        edo=Analiza_Rama_Izquierda(Cuadrícula[i].bi);
        if(edo!=0) { strcpy(rama,"IZQUIERDA"); Llena_Pilas(i,edo,rama); }
        edo=Analiza_Rama_Derecha(Cuadrícula[i].bd);
        if(edo!=0) { strcpy(rama,"DERECHA"); Llena_Pilas(i,edo,rama); }
    }
}
Funcion_Evaluacion();
}
```

### LIBRERIA HUMANO.H

```
//***** FUNCION QUE VERIFICA SI EDIE PUEDE CORONAR
//*****
Int CoronerUsted(int i){
Int temp=0;
if(i==9) return 1; if(i==25) return 1;
if(i==41) return 1; if(i==57) return 1;
return temp;
}
```

```

//**** FUNCION QUE VERIFICA QUE CASILLA A OCUPAR
//***** ESTE DESOCUPADA
int Verifica_CasillaVacía(){
int edo=0;
if(!strcmp(Cuadrícula[pos_futura].Atributo,"NEGRA")){
    strcpy(Cuadrícula[pos_mover].Atributo,"NEGRA");
    strcpy(Cuadrícula[pos_futura].Atributo,"HUMANO");
    Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
            Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
    Rellena(Cuadrícula[pos_futura].yi,Cuadrícula[pos_futura].xi,
            Cuadrícula[pos_futura].Atributo,0);
    if(CoronarUsted(pos_futura)) marcador_usted++; edo=1; }
return edo;
}

//**** FUNCION QUE CONSUMA CAPTURA SI ES POSIBLE
//*****
int Captura_Humano(){
int temp=0;
//VERIFICA FLANCO IZQUIERDO
if(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai==pos_futura &&
    strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo,"EDIE") &&
    strcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo,"NEGRA")){
    strcpy(Cuadrícula[pos_mover].Atributo,"NEGRA");
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo,"NEGRA");
    strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo,
            HUMANO");
    Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
            Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].Atributo,0);
    Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai].Atributo,0);
    marcador_usted++;
    if(CoronarUsted(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ai].ai))
    marcador_usted++;
    return 1; //AQUI SE PUEDE VERIFICAR PUNTO EXTRA }
}

```

```
else{
    //VERIFICA FLANCO DERECHO
    If(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad==pos_futura &&
        lstrcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo,"EDIE") &&
        lstrcmp(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,
            "NEGRA")){
        strcpy(Cuadrícula[pos_mover].Atributo,"NEGRA");
        strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo,"NEGRA");
        strcpy(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,
            "HUMANO");
        Rellena(Cuadrícula[pos_mover].yi,Cuadrícula[pos_mover].xi,
            Cuadrícula[pos_mover].Atributo,0);
        Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].Atributo,0);
        Rellena(Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].yi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].xi,
            Cuadrícula[Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad].Atributo,0);
        marcador_usted++;
        If(CoronarUsted(Cuadrícula[Cuadrícula[pos_mover].ad].ad))
            marcador_usted++;
        return 1; //AQUI SE PUEDE VERIFICAR PUNTO EXTRA
    }
}
return temp;
}

//***** FUNCION QUE REALIZA ACCION DE HUMANO
//*****

Int Accion_Humano(){
    int edo=0;
    If(lstrcmp(Cuadrícula[pos_mover].Atributo,"HUMANO")){
        If(Cuadrícula[pos_mover].ai==pos_futura)
            { edo=Verifica_CasillaVacía(); If(!edo) Msg_Error(0); }
        else{
            If(Cuadrícula[pos_mover].ad==pos_futura)
                { edo=Verifica_CasillaVacía(); If(!edo) Msg_Error(0); }
            else
                { edo=Captura_Humano(); If(!edo) Msg_Error(0); }
        }
    }
}
```

```
}
else { Msg_Error(-1); edo=0; }
return edo;
}

//**** FUNCION QUE LEE POSICIONES DE HUMANO
//*****

Int Lee_Pos_Usted(){
Int accion, ren_mover,ren_futura; char tecla[3],col_mover,col_futura;
do{
do{ //LEE POSICION A MOVER
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2); setcolor(WHITE);
outtextxy(536,267,"_"); outtextxy(548,270,"");
outtextxy(558,267,"_"); outtextxy(538,297,"_");
outtextxy(548,300,""); outtextxy(558,297,"_"); setcolor(CYAN);
strcpy(tecla,""); tecla[0]=leetcid(); //LEE REN_MOVER
if(!strcmp(tecla,"x1B")) return 1; //ABANDONAR SI PULSA ESC
outtextxy(536,267,tecla); ren_mover=atoi(tecla);
strcpy(tecla,""); tecla[0]=toupper(leetcid()); //LEE COL_MOVER
if(!strcmp(tecla,"x1B")) return 1; //ABANDONAR SI PULSA ESC
outtextxy(558,267,tecla); col_mover=tecla[0]; delay(200);
}while(ren_mover<1 || ren_mover>8 || col_mover<'A' || col_mover>'H');
//LEE POS. FUTURA
do{ setcolor(WHITE);
outtextxy(536,297,"_"); outtextxy(548,300,"");
outtextxy(558,297,"_"); setcolor(CYAN);
strcpy(tecla,""); tecla[0]=leetcid(); //LEE REN_FUTURA
if(!strcmp(tecla,"x1B")) return 1; //ABANDONAR SI PULSA ESC
outtextxy(538,297,tecla); ren_futura=stoi(tecla);
strcpy(tecla,""); tecla[0]=toupper(leetcid()); //LEE COL_FUTURA
if(!strcmp(tecla,"x1B")) return 1; //ABANDONAR SI PULSA ESC
outtextxy(558,297,tecla); col_futura=tecla[0]; delay(200);
}while(ren_futura<1 || ren_futura>8 || col_futura<'A' || col_futura>'H');
pos_mover=Obtiene_Poe(ren_mover,col_mover);
pos_futura=Obtiene_Poe(ren_futura,col_futura); accion=Accion_Humano();
}while(accion==0);
return 0;
}
}
```

### ETAPAS DE DEPURACION Y PRUEBA

En las últimas etapas de desarrollo del programa "EDIE" se mencionarán las dificultades que se tuvieron en la implantación y depuración de dicho programa, así como los resultados que se obtuvieron al jugar partidas contra "EDIE" y las limitaciones del mismo.

En efecto, se tuvieron las siguientes dificultades para la implantación de "EDIE" en computadora:

1.- En el desarrollo de los algoritmos correspondientes a la clasificación de jugadas por parte de "EDIE" el número de posibilidades aumenta conforme se intenta no sólo analizar las casillas adyacentes sino extender el análisis a más casillas. En efecto, el análisis para cada casilla donde "EDIE" tiene una ficha se limita sólo a lo siguiente:

a) Para los casos de "Jugada Neutral" y "Jugada Válida" sólo se consideran las dos primeras casillas adyacentes (denotadas en las etapas de Diseño y Codificación como Cuadrícula[i].bi y Cuadrícula[i].bd, donde i es igual al número de casilla en cuestión). Lo mismo sucede para el caso de una jugada del tipo "Proteger".

b) Para el caso de Captura se consideran las cuatro casillas adyacentes, es decir: las casillas Cuadrícula[i].bi, Cuadrícula[i].bd y las casillas Cuadrícula[i].bi.bi y Cuadrícula[i].bd.bd, que vienen siendo adyacentes a Cuadrícula[i].bi y a Cuadrícula[i].bd respectivamente.

De lo anterior se ve que lo máximo que se analiza para cada jugada de "EDIE" son cuatro casillas. No se consideró analizar más casillas porque la complejidad del programa, de por sí considerable, se hubiese incrementado considerablemente. Y en general esta es la principal dificultad que se tendrá siempre que se desee implantar un Juego de Mesa en computadora.

2.- Respecto a las reglas del Juego de Mesa a implantar no se tuvo mayor problema (de hecho esta es una de las ventajas de los Juegos de Mesa para Inteligencia Artificial: no se requiere conocer mas

que las reglas del Juego de Mesa a implantar), pero un punto crítico que en ciertos momentos del Diseño y la Codificación ofrecieron dificultad fue en el caso de las restricciones que había que cumplir, dado que se tenían que verificar su cumplimiento en varias funciones y en varios instantes durante el desarrollo de una partida. Sin embargo, una vez obtenidos los algoritmos correspondientes no hubo mayor problema.

3.- Otra dificultad que se tuvo fue en el manejo de la memoria RAM de computadora. En efecto, aunque la versión final de "EDIE" (que corresponde al listado dado anteriormente) funciona en cualquier computadora que tenga una configuración mínima de 1 Mb de memoria RAM, procesador 386 y monitor VGA para poder apreciar los colores del programa, en las primeras pruebas se tenía una rápida saturación de memoria debido a que originalmente las funciones involucraban una gran cantidad de cálculos iterativos en lo referente al despliegue del tablero ya que se tenía que calcular las posiciones en pantalla de cada casilla cada vez que movían tanto el jugador humano como "EDIE", lo cual saturaba rápidamente la memoria de una computadora de 1 Mb de RAM. Es por eso que se tuvieron que revisar varias veces los algoritmos para el despliegue y actualización del tablero con el fin de actualizar y desplegar sólo las casillas que se involucraban en un movimiento dado y no desplegar, en cada jugada, el tablero completo.

Respecto a la Depuración del programa, en realidad no se tuvieron dificultades ya que sólo fue necesario corregir los errores ortográficos introducidos durante la codificación del programa, y no fue necesario introducir modificaciones sustanciales en las funciones del programa ya que se procuró diseñar los algoritmos de la manera más sencilla pero sin perder generalidad (es decir: buscando que en todo momento cada función cumpliera con su cometido) aunque ello implicó que la etapa de Análisis fuera la más tardada.

El funcionamiento del programa fue verificado jugando 30 partidas contra "EDIE", obteniéndose lo siguiente:

a) "EDIE" realiza (y no perdona) cada jugada donde tiene oportunidad de realizar una captura ó de coronar una ficha.

b) Sus jugadas neutrales y válidas las realiza dentro de las reglas del juego y respetando siempre las restricciones dadas en la etapa de Análisis, aunque en este punto radica la principal limitación del programa ya que en ciertos casos le falta "picardía" para elegir una jugada válida (ya que no considera que pueda ser capturada la ficha movida dos ó tres jugadas más tarde) ó para elegir una jugada de protección (ya que en ocasiones por proteger una ficha el programa deja al descubierto otra ficha). Esta limitación se deriva de la primera dificultad mencionada al principio de la etapa de Depuración y Prueba: sólo se analizan para cada casilla un máximo de cuatro casillas adyacentes.

c) Respecto a los resultados de las partidas, se tiene que aunque el jugador humano ganó cuatro de cada cinco partidas, el programa "EDIE" logró realizar en todas las partidas por lo menos una captura además de proteger sus fichas siempre que le era posible. Si se considera que el objetivo de esta tesis es explorar las perspectivas de los Juegos de Mesa para la Inteligencia Artificial y no el desarrollo de un programa que juegue a la perfección el Juego de Mesa en cuestión se tiene que los resultados, por lo menos en esta primera versión de "EDIE", no son lo más significativo: lo más significativo es el proceso de obtención de algoritmos mediante técnicas de Inteligencia Artificial capaces de simular algunos procesos mentales involucrados en un Juego de Mesa y la implantación práctica de los mismos.

## **CONCLUSIONES**

De todo lo visto en los cuatro Capítulos que constituyen el presente trabajo de tesis, se concluye lo siguiente:

1.- El Juego, en todas sus expresiones, es una parte fundamental en la vida de todo ser humano. En efecto, desde que nace hasta que muere el hombre tiene la necesidad de realizar alguna actividad lúdica tanto para descansar de las actividades rutinarias como para canalizar las energías excedentes en alguna actividad que lo relaje. Lo anterior se sintetiza en la definición de Juego en general: actividad libre y espontánea de tipo físico y/o mental sometida a ciertas reglas y cuyo fin es proporcionar placer, diversión y recreación a quienes lo practican.

2.- Aunque existen varias formas de clasificar la amplia gama de juegos, la característica común a todas ellas es que otorgan a los Juegos de Mesa la categoría de ser los únicos juegos en los que interviene de manera directa el intelecto de quien lo practica. Las principales capacidades intelectuales que pone en práctica una persona al jugar un Juego de Mesa son las siguientes: Análisis y Síntesis, Deducción, Abstracción, Concentración, Imaginación, Memoria y Aprendizaje, todas las cuales se involucran de una u otra manera en todos los procesos mentales del ser humano. De aquí el interés que tienen para la Inteligencia Artificial pues el objetivo de ésta es lograr simular tales capacidades mediante programas de computadora y esto se sintetiza en la propia definición de Inteligencia Artificial: "rama de la Informática referente a la simulación de procesos mentales mediante técnicas y algoritmos especiales con el fin de realizar mediante programas de computadora aquellas tareas que hasta ahora sólo puede realizar el ser humano".

3.- De entre todos los Juegos de Mesa el Ajedrez y las Damas son los que mayor interés ofrecen a la Inteligencia Artificial por lo siguiente:

a) En estos juegos es donde la Inteligencia Artificial ha obtenido los avances más sonados: el programa de Samuel de Damas y el desarrollo de programas ajedrecistas cada vez más eficaces uno de los cuales incluso ya logró derrotar a un campeón mundial de Ajedrez.

b) Ofrecen una complejidad muy peculiar que en ciertos aspectos se asemeja a la complejidad de otras situaciones en Inteligencia Artificial, por lo que los avances que se logren en Juegos de Mesa bien puede ser adaptados a situaciones similares y cuya resolución derivaría en aplicaciones prácticas en otros campos como se verá en la siguiente conclusión. La complejidad que ofrecen estos juegos se debe sobre todo al número de combinaciones posibles las cuales crecen de forma exponencial a medida que se desarrolla una partida.

A pesar de ser los casos de mayor interés, el Ajedrez y las Damas no son los únicos Juegos de Mesa con perspectivas interesantes para la Inteligencia Artificial. Otro Juego de Mesa que ofrece perspectivas interesantes es el Go, el cual a pesar de ser una variante japonesa del Ajedrez ofrece incluso aspectos de mayor complejidad que éste último, por ejemplo: el emplear un tablero de 19x19 en vez del tradicional tablero de 8x8.

4.- Durante los inicios de la Inteligencia Artificial se sugirió que las perspectivas de los Juegos de Mesa no eran muy halagadoras a pesar de los esfuerzos de investigadores como Shannon y Turing por demostrar lo contrario. En efecto, el argumento que se esgrimía era que el esfuerzo empleado en desarrollar los algoritmos para un programa enfocado a algún Juego de Mesa podría aplicarse mejor en el desarrollo de algoritmos enfocados a otras áreas como, por ejemplo, demostración de teoremas matemáticos ó simulación de la manera en que opera el cerebro humano mediante redes neuronales. Sin embargo, las experiencias obtenidas al solucionar las dificultades que implica el desarrollo de un programa aplicado a Juegos de Mesa podrían ser muy valiosas en la resolución de los problemas antes mencionados y de otros que se presentan en ciencias exactas y naturales y cuya resolución tendría un impacto social y económico importante dada su aplicabilidad, como por ejemplo: en diseño de circuitos electrónicos, en la resolución de situaciones complicadas durante el diseño de líneas telefónicas, desarrollo de programas capaces de traducir idiomas y resolución de problemas lógicos y matemáticos, por mencionar sólo algunos.

5.- Las situaciones que se presentan en la realidad son producto de un encadenamiento de factores por lo general de una magnitud tal que el hombre difícilmente puede comprender tal encadenamiento de manera fácil. Si además consideramos que tal encadenamiento es de naturaleza dinámica (es decir, cambiante) se comprende la razón por la que la capacidad del hombre para mantenerse al ritmo de ciertas situaciones es bastante limitada. Aquí es donde los programas aplicados a Juegos de Mesa pueden ser de gran utilidad pues las experiencias que se adquieren al desarrollar una función de evaluación para un juego como el Ajedrez (recordar que una función de evaluación determina la situación de los contrincantes en base a ciertos factores como número de piezas sobre el tablero, su naturaleza y posición, casillas que pueden atacar, etc.) podrían ser aplicadas en el desarrollo de funciones de evaluación aplicadas a problemas incluso de naturaleza tan compleja como el vertido de residuos nucleares, donde la cantidad de variables a controlar es de magnitud semejante a la cantidad de factores que se presentan en una partida de Ajedrez.

6.- Las dificultades de implantar un Juego de Mesa en un programa de computadora, por muy sencillo que éste sea, son considerables. En efecto, en el último Capítulo del presente trabajo se mostraron algunas de las dificultades inherentes a la implantación de una variante simplificada del juego de Damas en un programa de computadora, sin embargo aún la implantación de juegos más sencillos (como el popularmente conocido como "Gato" ó "Tres en Raya") implica no pocas dificultades y, por supuesto, estas se multiplican enormemente para el desarrollo de Juegos de Mesa como el Ajedrez.

Por todo lo anterior, considero que el objetivo general planteado desde el inicio del presente trabajo ha sido alcanzado, pues se ha demostrado que las perspectivas de los Juegos de Mesa para la Inteligencia Artificial son amplias tanto en el desarrollo de programas capaces de "jugar" de manera similar a como lo hace el ser humano como en la aplicación de estos resultados en otras áreas de la Inteligencia Artificial, debido a que cualquier avance en un campo determinado de la

**Inteligencia Artificial es potencialmente una fuente de información aplicable en cualquier otro campo de esta rama de la Informática.**

## **GLOSARIO**

**ALGORITMO.-** Especificación del conjunto de pasos necesarios para resolver un problema, con el fin de trasladar luego tal especificación a un programa de computadora.

**AUTOMATA.-** Antigüamente se denominaba así a todo mecanismo que imitaba el comportamiento de un ser viviente. Cuando el mecanismo imitaba al ser humano se denominaba **ANDROIDE**.

**BASE DE DATOS.-** Conjunto de registros que permiten almacenar información de manera organizada y donde dichos registros pueden ser aumentados, eliminados, modificados y consultados de manera rápida y eficiente.

**COMPUTADORA.-** Conjunto de elementos electrónicos y mecánicos que permiten la introducción de datos con el fin de procesarlos y producir como resultado información útil para algún fin específico.

**GRAN MAESTRO INTERNACIONAL.-** Categoría que otorga la F.I.D.E. (Federación Internacional de Ajedrez) a aquellos ajedrecistas cuyo rating mundial rebasa los 300 puntos, contando todas las partidas oficiales en las que han participado: se otorga 1 punto por partida ganada, 0.5 puntos por partida empatada y 0 puntos por partida perdida.

**HARDWARE.-** Conjunto de elementos electrónicos que conforman la parte tangible de una computadora.

**INFORMATICA.-** Conjunto de conocimientos científicos y técnicos que se ocupan del tratamiento de la información mediante computadoras.

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL.-** Rama de la Informática que estudia la simulación de los procesos mentales para implantarlos

en programas que sean capaces de realizar tareas que hasta ahora sólo puede realizar el ser humano.

**LOGICA DIFUSA.-** Alternativa que surgió en 1965 para el estudio del funcionamiento cerebral y que a diferencia de las redes neuronales (que considera que el cerebro opera mediante la elección de valores '1' o '0') considera que el cerebro opera mediante la elección de los valores intermedios entre '0' y '1'. El término Lógica Difusa equivale al término Fuzzy Logic.

**MAESTRO INTERNACIONAL.-** Categoría que otorga la F.I.D.E. (Federación Internacional de Ajedrez) a aquellos ajedrecistas cuyo rating mundial está en el rango de 2700 a 3000 puntos, contando todas las partidas oficiales en las que han participado.

**NEURONA.-** Célula nerviosa localizada en el cerebro y que junto con sus prolongaciones se considera una unidad fisiológica.

**PSEUDOCODIGO.-** Técnica de Programación Estructurada que permite especificar un algoritmo mediante lenguaje común y corriente, lo cual permite al programador concentrarse en las estructuras de control del algoritmo sin preocuparse por la sintaxis del lenguaje de programación en el que se realizará la codificación del algoritmo.

**PROCESADOR.-** Circuito electrónico encargado de ejecutar las instrucciones de un programa a razón de millones de operaciones por segundo.

**PROGRAMA.-** Conjunto de instrucciones escritas en algún lenguaje de programación y que sirven para implantar un algoritmo en computadora.

**RED NEURONAL.-** Modelo matemático del cerebro humano, desarrollado para comprender mejor su estructura y funcionamiento.

**ROBOT.-** Mecanismo capaz de ejecutar una ó varias tareas especializadas de manera automática y precisa.

**SISTEMA EXPERTO.-** Conjunto de programas capaces de resolver problemas complicados de manera similar a como lo haría un humano experto en tales problemas.

**SOFTWARE.-** Nombre genérico que se da a todos los programas de computadora.

**APENDICE.- MANUAL DE USUARIO  
DEL PROGRAMA "EDIE"**

**INTRODUCCION.-** El presente manual de usuario pretende guiar al lector en el manejo y operación del programa "EDIE" versión 1.0 el cual fue desarrollado en el Capítulo IV del presente trabajo de tesis.

Para ello se divide dicho manual en los siguientes puntos:

a) **Descripción del sistema.-** En este punto se hará una breve descripción de los archivos que se incluyen en el disco que contiene al programa "EDIE".

b) **Requerimientos del sistema.-** En este punto se detallarán los requerimientos mínimos que deberá tener la computadora en la que se desea ejecutar el programa "EDIE".

c) **Instalando el programa.-** En este punto se explicará la manera en la que el usuario podrá instalar el programa, si lo desea, en su computadora.

d) **Cómo ejecutar y abandonar el programa.-** En este punto se explicará la manera en la que se deberá ejecutar el programa "EDIE", así como la manera en la que se podrá abandonar el programa.

e) **Iniciando una partida.-** En este punto se explicará la manera en la que el usuario podrá iniciar una partida contra el programa "EDIE"; asimismo se explica lo siguiente: la manera en la que el usuario deberá indicar las jugadas a realizar, la manera en la que el programa realizará sus jugadas, la manera en la que se indicará al vencedor y la manera en la que el usuario podrá, en un momento dado, abandonar la partida.

f) **Mensajes de error.-** En este punto se explicarán los mensajes de error que podrán aparecer en un momento dado, así como su causa y la manera de corregir el error indicado por el mensaje.

g) Apéndice.- Como parte final del presente manual se incluye un breve glosario de los términos computacionales más empleados a través del presente manual.

### DESCRIPCION DEL SISTEMA

El disco que contiene al programa "EDIE" versión 1.0 incluye los siguientes archivos:

- **BGI.**- Directorio que contiene los archivos necesarios para desplegar los gráficos que usa el programa.
- **EDIE.EXE.**- Archivo que contiene la versión ejecutable del programa "EDIE". Para ver la forma de ejecutar el programa referirse al punto "Iniciando una partida".
- **EXPLICA.TXT.**- Archivo que contiene breve texto explicativo sobre la forma de jugar una partida contra "EDIE"; este archivo puede ser consultado directamente desde el menú principal del programa una vez que se haya ejecutado el mismo.
- **INSTALAR.BAT.**- Archivo que instala automáticamente los programas anteriores en la computadora del usuario. Para ver la manera de realizar tal instalación referirse al punto "Instalando el programa".

**IMPORTANTE.**- Los archivos contenidos en el directorio BGI son indispensables para el funcionamiento del programa por lo que **NO DEBEN SER ELIMINADOS**.

### REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Los requerimientos mínimos de la computadora en la que se ejecutará el programa "EDIE" versión 1.0 son los siguientes:

- Procesador 386 ó superior.
- Monitor VGA ó superior.
- 1 Mb de memoria RAM como mínimo.
- Unidad de disco flexible de 3.5" de alta densidad.
- Teclado estándar.
- Sistema operativo MS-DOS versión 6.0 ó superior, instalado en disco duro.

Respecto a los conocimientos requeridos por el usuario para poder ejecutar el programa, sólo se requiere que tenga conocimientos básicos del sistema operativo MS-DOS.

NOTA: En los puntos siguientes se denotará a la unidad de disco flexible como UNIDAD A.

### **INSTALANDO EL PROGRAMA**

Aunque el programa "EDIE" versión 1.0 puede ser ejecutado perfectamente desde la unidad A puede darse el caso de que el usuario desee instalar el programa en el disco duro de su computadora. Para ello se debe hacer lo siguiente:

Desde el prompt de la unidad A teclear lo siguiente:

**A:\INSTALAR (pulsar ENTER)**

con lo cual comenzará la instalación automática de los archivos descritos en el punto anterior. Una vez terminada la misma se habrá creado en el disco duro del usuario el directorio EDIE que contendrá al programa y a los archivos relacionados.

### **COMO EJECUTAR Y ABANDONAR EL PROGRAMA**

La ejecución del programa "EDIE" puede hacerse de dos formas:

a) DESDE LA UNIDAD A.- Para ejecutar el programa directamente desde la unidad A teclee lo siguiente:

A:\> EDIE (dar ENTER)

b) DESDE EL DISCO DURO.- Para ejecutar el programa desde el disco duro el usuario deberá haber realizado previamente la instalación del programa en el mismo, para mayor detalle referirse al punto "Instalando el programa".

Una vez instalado el programa, teclee lo siguiente:

C:\> EDIE (dar ENTER)

Sea de cualesquiera de las dos formas anteriores, una vez que el usuario haya ejecutado el programa aparecerá el menú principal del programa con las siguientes opciones:

1.- EXPLICA: Ofrece al usuario una breve explicación acerca de cómo iniciar una partida.

2.- COMENZAR: Permite iniciar una partida contra el programa "EDIE".

3.- SALIR: Permite abandonar el sistema.

Para elegir una opción, hay que desplazarse mediante las flechas de cursor a dicha opción la cual será resaltada en color rosa. Junto con la opción resaltada aparecerá en la parte inferior de la pantalla una breve explicación de tal opción.

Para abandonar el programa, haga lo siguiente:

- Elija la opción SALIR.
- Pulse la tecla ENTER.

Aparecerá una pantalla acerca del autor del programa, la cual puede ser desaparecida pulsando cualquier tecla. La pantalla regresará al prompt del sistema operativo.

### INICIANDO UNA PARTIDA

Una vez que se haya ejecutado el programa, se podrá iniciar una partida desplazándose a la opción COMENZAR del menú principal y pulsando la tecla ENTER.

El programa desplegará lo siguiente:

a) El tablero de juego, donde las fichas correspondientes a usted serán denotadas por la letra 'B' resaltada en color AZUL CLARO, mientras que las fichas correspondientes a "EDIE" serán denotadas por la letra 'N' resaltada en color AMARILLO.

El tablero de juego tendrá indicada la siguiente notación para las COLUMNAS:

A B C D E F G H

y tendrá la siguiente notación para los RENGLONES:

1 2 3 4 5 6 7 8

La utilidad de la notación anterior es que le permitirá indicar sus jugadas, como se explica más adelante.

b) Una ventana de MOVIMIENTOS, mediante la cual el usuario indicará tanto los movimientos de sus fichas como las capturas que vaya a realizar de la siguiente manera:

- POS. MOVER: Esta línea le permitirá indicar la posición de la ficha que desea mover.

- POS. FUTURA: Esta línea le permitirá indicar la posición en la que desea colocar la ficha elegida en POS. MOVER. En el caso de una captura de ficha rival el usuario indicará la posición hacia la cual saltará su propia ficha para realizar la captura, de manera similar a como se realizan las capturas en el juego de Damas.

Cabe aclarar que para ambos casos PRIMERO SE INDICARA EL RENGLON Y DESPUES LA COLUMNA (no importa si en mayúsculas ó en minúsculas). El renglón deberá ser indicado con un número en el rango 1- 8 y la columna deberá ser indicada con una letra en el rango A-H. De ahí que el tablero tenga numerados sus renglones del 1 al 8 y sus columnas denotadas de la letra A a la letra H.

EJEMPLO: Si desea mover la ficha ubicada en la posición 5,G (renglón 5, columna G) hacia la posición 6,F (renglón 6, columna F) lo deberá indicar de la siguiente forma:

POS. MOVER: 5,G  
POS. FUTURA: 6,F

Una vez que el programa haya verificado que se indicó un movimiento válido, procederá a actualizar las posiciones señaladas, es decir: se moverá la ficha ubicada en la posición 5,G hacia la posición 6,F.

EJEMPLO: Si el usuario tiene una ficha en la posición 5,G (renglón 5, columna G) y desea capturar una ficha rival localizada en la posición 6,F (renglón 6, columna F) lo deberá indicar de la siguiente forma:

POS. MOVER: 5,G  
POS. FUTURA: 7,E

Nótese que en POS. FUTURA se indicó la posición hacia la cual saltará la ficha del usuario localizada en la posición 5,G debido a que las reglas de movimiento y captura de fichas corresponden a

las reglas del juego de Damas. Una vez que el programa haya verificado que la captura indicada es válida, procederá a actualizar las posiciones señaladas y a realizar la captura.

Después de que el usuario haya realizado su movimiento, el programa "EDIE" indicará la ficha que moverá mediante un parpadeo del color de la misma para después proceder a actualizar posiciones.

**NOTA:** Al comienzo de toda partida, el usuario siempre tendrá el derecho de realizar la primera jugada.

c) Una ventana denominada **MARCADOR**, donde se indicará conforme se desarrolle la partida las fichas que tanto el usuario como el programa "EDIE" vayan capturando. Si el usuario logra que una de sus fichas llegue al extremo opuesto del tablero (es decir: al renglón 8) se le otorgará un punto extra; lo mismo se aplica en el caso de que el programa "EDIE" logre que alguna de sus fichas llegue al renglón 1.

La partida la gana el jugador que obtenga primero un marcador de 8 puntos. Para el caso de que el usuario sea quien gane la partida aparecerá el siguiente mensaje:

**GANO USTED !**

Para el caso de que el programa "EDIE" sea quien gane la partida aparecerá el siguiente mensaje:

**GANO EDIE !**

Un último detalle: el usuario podrá abandonar la partida en cualquier momento pulsando la tecla 'ESC', con lo cual retornará al menú principal del programa.

## MENSAJES DE ERROR

A continuación se explican los posibles mensajes de error que pueden aparecer en el transcurso de una partida, así como sus causas y la manera de corregirlos. Se aclara que todos los mensajes desaparecerán automáticamente de la pantalla para dar la oportunidad al usuario de tomar la acción correctiva pertinente.

**MENSAJE 1: "USTED NO TIENE PIEZA AQUI" .-** Este mensaje de error aparece cuando el usuario indica en POS. MOVER una posición en la cual:

a) No tiene colocada ninguna ficha.

b) Se trata de una posición en la cual no se puede realizar ningún movimiento por tratarse de una casilla blanca las cuales se identifican porque aparecen en pantalla de color VERDE.

La manera de corregir el mensaje de error es indicando en POS. MOVER una posición en la cual el usuario tenga colocada alguna de sus fichas.

**MENSAJE 2: "POS. FUTURA NO PERMITIDA".-** Este mensaje de error aparece cuando el usuario indica en POS. FUTURA una posición que cae en alguno de los siguientes casos:

a) Está ocupada por otra ficha ya sea propia ó del rival.

b) Se trata de una posición no adyacente a la posición indicada en POS. MOVER.

c) Para el caso de la captura de una ficha rival, la posición indicada no permite realizar tal captura, de acuerdo a las reglas del juego de Damas.

d) Se trata de una posición en la cual no se puede realizar ningún movimiento; estas casillas se identifican porque son de color VERDE.

Para corregir este error, sólo hay que indicar en POS. MOVE una posición válida para mover la ficha colocada en la casilla especificada en POS. MOVE.

## GLOSARIO

A continuación se dan los términos computacionales más empleados a través de este manual:

**DISCO DURO.-** Medio de almacenamiento de información de mucha mayor capacidad que los discos flexibles, donde su característica principal es que se encuentran fijos dentro de la computadora.

**DISCO FLEXIBLE.-** Medio de almacenamiento de baja capacidad comparado con un disco duro que puede ser transportado fácilmente.

**INSTALACION.-** Proceso por el cual se copia uno ó más archivos desde una unidad de disco origen (generalmente de tipo flexible) a una unidad de disco destino (generalmente el disco duro).

**MEMORIA RAM.-** Medio de almacenamiento temporal de información cuyas características principales son:

a) Es volátil, es decir: almacena la información sólo mientras no se apaga la computadora.

b) La información es almacenada aleatoriamente en cualquiera de las posiciones que conforman este tipo de memoria.

**PROMPT.-** Indicador de pantalla que muestra al usuario en qué unidad de disco se encuentra posicionado actualmente, donde tal unidad es identificada por una letra.

**SISTEMA OPERATIVO.-** Programa que permite establecer la comunicación entre el usuario y la computadora al permitirle al primero administrar los recursos de la segunda.

## **BIBLIOGRAFIA**

## DICCIONARIOS Y ENCICLOPEDIAS

- "Nueva Enciclopedia Temática Grolier". Trigésima Segunda Edición.  
14 Tomos. Editorial Cumbre. México, 1990.

- "Dictionary of Sports and Games". J. A. Cuddon. Leaper & Gard Ltd.  
U.S.A., 1980.

- "Gran Diccionario Enciclopédico Durvan". 12 Tomos. Durvan  
Editores. España, 1987.

- "Diccionario de Sociología". Fairchild, H. Fondo de Cultura  
Económica. Quinta Edición. México, 1974.

- "Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado". 12 Tomos. Selecciones  
del Reader's Digest. España, 1979.

- "Gran Enciclopedia Rialp". Editorial Rialp. España, 1973.

- "Pequeño Larousse Ilustrado". Ediciones Larousse. España, 1984.

## LIBROS

- Friant, Jean y L'Hospitalier, Yvon. "Juegos Lógicos en el mundo de  
la Inteligencia Artificial". Editorial Gedisa. España, 1986.

- Hartnell, Tim. "Inteligencia Artificial: Conceptos y Programas".  
Anaya Multimedia. México, 1986.

- Levine, Guillermo. "Introducción a la Computación". Editorial  
McGraw-Hill. Segunda Edición. México, 1989.

- Lizalde, Eduardo. "De Buda a Fisher y Spassky: Dos mil Años de  
Ajedrez". Editorial Posada. México, 1972.

- Millán Jiménez, Ana. "Mente, Cerebro e IA". Universidad de Murcia.  
España, 1993.

- Mompín, J., et. all. "Inteligencia Artificial". Editorial Marcombo. España, 1987.
- Negrete, José. "Inteligencia Artificial". Editorial Noriega. México, 1992.
- Pressman, Roger S. "Ingeniería de Software: un enfoque práctico". Editorial McGraw-Hill. Tercera Edición. España, 1993.
- Rauch-Hindin, Wendy B. "A Guide to commercial AI". Editorial Prentice-Hall. U.S.A., 1988.
- Rich, Elaine. "Artificial Intelligence". Editado por la Universidad de Austin y McGraw-Hill. Tercera Edición. U.S.A., 1985.
- Rich, E. "Inteligencia Artificial". Colección Ciencia Informática. Editorial McGraw-Hill. México, 1983.
- Sánchez y Beltrán, J.P. "Sistemas Expertos". Editorial Macrobit. México, 1990.
- Simons, G.L. "Introducción a la Inteligencia Artificial". Ediciones Díaz de Santos. Madrid, 1987.
- Zaccagnini, Adarraga. "Psicología e Inteligencia Artificial". Colección Estructuras y Procedimientos. Editorial Trotta. España, 1994.

#### HEMEROGRAFIA

- Berliner, Hans. "Computer Backgammon". Revista Scientific American, junio de 1980. pág. 100-110.
- del Castillo Marcelo, "Ajedrez, Cibernética y Psicología". Revista Ciencia y Desarrollo, vol. XVI, núm. 96. pág. 115-119.
- Dewdney, A. K. "Computer Recreations". Revista Scientific American, julio de 1984. pág. 87-97.

- Douglas, J.R. "Chess 4.7 versus David Levy: the computer beats a Chess Master". Revista Byte, diciembre de 1978. pág. 88-91.