Reto II: Problema de las cifras

Francisco David Charte Luque Ignacio Cordón Castillo
Mario Román García

Contenidos

1 Tipos de datos abstractos usados. **2**

2 Algoritmos. **5**
2.1 Algoritmo principal. 5
2.2 Algoritmo de normalización de operaciones 7
2.3 Optimización 8
2.4 Algoritmo alternativo 8

3 Implementación **10**
3.1 Archivo cifras.h 10
3.2 Archivo cifras.cpp 14
3.3 Archivo main.cpp 20

1 Tipos de datos abstractos usados.

Se emplea la siguiente notación genérica para la representación de un TDA abstracto:

TDA MiTDA

MiTDA
- datos privados - métodos privados
+ datos accesibles a través de la interfaz + métodos invocables desde la interfaz

- Descripciones sobre el TDA

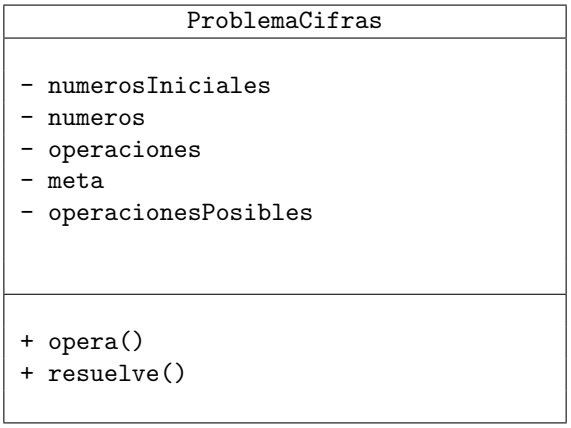
Los TDA empleados en la resolución del problema de las cifras han sido:

TDA Cuenta

Cuenta
+ primero + segundo + operador + resultado

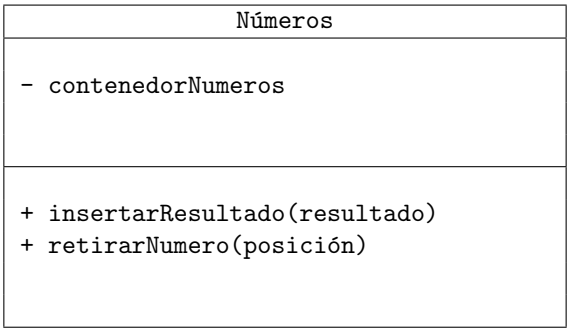
- `primero` Número entero, representando el primer operando.
- `segundo` Número entero, que representa el segundo operando.
- `operador` Carácter que corresponde a la operación realizada sobre los números.
- `resultado` Número entero, resultado de realizar la operación sobre `primero` y `segundo`.

TDA ProblemaCifras



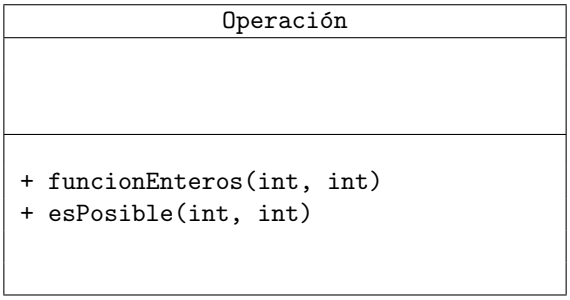
- `numerosIniciales` Conjunto que almacena los enteros a partir de los que se pretende obtener `meta`
- `numeros` Lista sobre la que se realizarán todas las operaciones necesarias hasta llegar a una aproximación (o al número buscado exactamente) de `meta`
- `operaciones` Lista de objetos `Cuenta` en los que se almacenarán las operaciones realizadas hasta llegar a `meta`, o a una aproximación a `meta`
- `meta` Entero positivo de 3 cifras a aproximar, y en caso de ser posible, hallar de forma exacta mediante operaciones sobre las cifras dadas iniciales
- `operacionesPosibles` Conjunto que contiene todas las operaciones posibles aplicables {`+,*,-,/`}
- `opera()` Función que devuelve para dos operandos dados, el resultado de una operación determinada de entre `operacionesPosibles` para ellos
- `resuelve()` Función recursiva que selecciona parejas de cifras de `numeros`, que introduce operados (con `opera()`) en dicha lista, para llamarse a sí misma e intentar llegar a `meta`. Caso de no producir acierto, saca los números introducidos y devuelve los extraídos, y reitera con otra pareja

TDA Números



- `contenedorNumeros` Contenedor en el que se almacenarán los números, dependiendo de la implementación, podría ser un vector, una cola, una doble cola o un vector circular.
- `insertarResultado` Inserta un nuevo resultado en el contenedor de números, con el que se podrá operar posteriormente.
- `retirarNumero` Retira un número ya usado, que ya no se podrá usar en siguientes operaciones.

TDA Operación



- `funcionEntreDosEnteros` Función f : `int` $\times$ `int` $\rightarrow$ `int`, en forma de función anónima lambda que representará una de las operaciones posibles entre dos números del conjunto. En nuestro caso, sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.
- `esPosible` Verdadero si se cumplen las condiciones que permiten que la operación produzca un entero positivo.

2 Algoritmos.

2.1 Algoritmo principal.

El algoritmo propuesto para resolver el problema de las cifras es:

Algoritmo 1 ALGORITMO DE CÁLCULO DEL NÚMERO DE 3 CIFRAS

Entrada:
`meta`, número a aproximar
`numeros`, enteros aleatorios iniciales del conjunto
`size`, número de posiciones de la lista `números`

Salida:
true si logramos alcanzar exactamente `meta` o es una de las cifras de `numeros`
false si sólo logramos una aproximación `aprox` a `meta`

```
1:  Inicializa mejor_aprox a -1.
2:  si Hay al menos dos cifras que seleccionar entonces
3:
4:    para cada pareja ordenada (a,b) en numeros
5:
6:      para cada operación op en [+,*,-,/]
7:        si a (op) b es posible entonces
8:          Computa la cuenta
9:          Almacena la cuenta en la pila de cuentas
10:         Retira a,b del conjunto de números
11:         Introduce a (op) b en el conjunto de números
12:         si |meta - a (op) b| < |meta - mejor_aprox| entonces
13:           mejor_aprox := meta
14:           si mejor_aprox == meta entonces
15:             devolver true
16:           fin si
17:         fin si
18:         si llamamos recursivamente al algoritmo sobre números y devuelve true
            entonces
19:           devolver true
20:         fin si
21:         Retira la cuenta de la pila de cuentas
22:         Retira a (op) b del conjunto de números
23:         Reintroduce a,b en el conjunto de números
24:       fin si
25:     fin para
26:   fin para
27: en otro caso
28:   devolver false
29: fin si
```

Llamando $T(n)$ a la función que da la eficiencia del algoritmo 1, en función de la longitud del vector `numeros`, esto es, de las cifras dadas para llegar a meta, se tiene:

- Desde las líneas 1 a 3, las operaciones realizadas son $\mathcal{O}(1)$
- La selección de parejas `(a,b)` de la línea 4 se hace mediante combinaciones $\binom{a}{b}$. Explícitamente, podemos observar como en la implementación en `C++` adjunta, esto supone:

$$\sum_{i=0}^{n-1}(n-i) = \sum_{i=0}^{n-1} n - \sum_{i=0}^{n-1} i = \frac{2 \cdot n(n-1)}{2} - \frac{(n-1)\cdot(n-1)}{2} =$$
$$= \frac{n^2-1}{2} operaciones$$

- La línea 8 es $\mathcal{O}(1)$
- Las líneas 9 y 10 dependiendo del lenguaje de programación y de la estructura elegida para almacenar las operaciones y el conjunto, podrían ser $\mathcal{O}(1)$ en caso de ser listas, y $\mathcal{O}(n)$ cada una en caso de tratarse de vectores como en `C++`. En la implementación aportada se emplea un `vector` de la `STL` de tamaño fijo, luego la línea 10 se computaría como $\mathcal{O}(1)$. Por simplicidad también consideraremos la línea 9 como $\mathcal{O}(1)$, dado que podría programarse una lista enlazada dotada del operador `[]` necesario para implementar el algoritmo 2 en `C++`, o incluso usar un `vector` con el número de posiciones máximas que pueden ocupar las operaciones.
- Desde las líneas 12 a 17, se trata de operaciones $\mathcal{O}(1)$
- De nuevo sobre las líneas 21, 22, 23 puede decirse lo mismo que sobre las 9,10. Aquí las consideraremos $\mathcal{O}(1)$
- En la línea 18 se llama recursivamente al algoritmo. Por tanto:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{n^2-1}{2} \cdot T(n-1) & n > 2 \\ 1 & n = 1 \end{cases}$$

y se tiene que:

$$T(n) = \frac{n^2-1}{2} \cdot T(n-1) = \frac{n^2-1}{2} \cdot \frac{(n-1)^2-1}{2} \cdot T(n-2) =$$
$$= \ldots = T(n-j-1) \cdot \frac{1}{2^{j+1}} \prod_{i=0}^{j} [(n-i)^2 - 1]$$

Tomando $j = n - 3$ en (2.1), se tiene $T(n) = \mathcal{O}\left(\frac{(n!)^2}{2^n}\right)$

2.2 Algoritmo de normalización de operaciones

Al calcular una solución del problema de las cifras, se van acumulando las operaciones por las que se pasan hasta llegar a `meta`. Sin embargo, es posible que algunas de estas operaciones no se hayan utilizado en el cálculo de la solución, es decir, que sean inservibles, aunque se haya pasado por ellas. El siguiente algoritmo identifica dichas operaciones inútiles y las elimina de la secuencia generada por el algoritmo 1, para obtener una solución que contenga únicamente las operaciones necesarias.

Algoritmo 2 ALGORITMO DE NORMALIZACIÓN DE OPERACIONES

1: **si** hay más de una `Cuenta` en la lista de operaciones **entonces**
2: Llama al siguiente algoritmo, pasándole `primero` y `segundo` de la última `Cuenta` efectuada, y como posición de escritura la penúltima de `operaciones` (podría ser `-1`)
3: **fin si**

Entrada:
`unaCuenta`, última cuenta necesaria en la lista
`pos_escribir`, posición anterior a la última normalizada

4: La `Cuenta` a consultar es la que ocupa `pos_escribir`
5: **mientras** No se hallen `primero` y `segundo` de `unaCuenta` como resultado de otra `Cuenta`, y quede alguna por consultar
6:
7: **si** el resultado de la `Cuenta` consultada es `primero` o `segundo` **entonces**
8: Marcarlo como encontrado
9: Intercambiar la `Cuenta` que ocupa la posición `pos_escribir` en `operaciones` por la `Cuenta` consultada
10: Decrementa `pos_escribir` y llama al algoritmo para la última `Cuenta` consultada, y `pos_escribir`
11: El índice a consultar es ahora `pos_escribir`
12: **en otro caso**
13: Decrementa el índice de la posición a consultar
14: **fin si**
15: **fin mientras**

Una vez normalizadas las operaciones:

1: Se itera `operaciones` desde el principio hasta el final de la lista
2: **imprimir** `Cuenta` actual

2.3 Optimización

El algoritmo mostrado puede ser optimizado haciendo que no estudie los casos en los que la pareja ordenada `(a,b)` no cumpla unos determinados requisitos, y no compute el resultado en los casos en los que éste no aportara nada a la resolución del algoritmo. Las siguientes comprobaciones están diseñadas para aplicarse antes de la línea 8 del algoritmo principal, donde se calcula la operación. En caso de que se cumpla una de estas condiciones, puede pasarse a la siguiente iteración del bucle.

- El resultado `a (op) b` es igual a `a` o `b`, por lo que no aporta nada a la resolución.
- El resultado es igual a 0, `a (op) b == 0`, pero las operaciones con `0` no aportan nada a la resolución.
- El resultado es negativo, como consecuencia del desbordamiento o de restas no válidas, no debe ser usado.
- Como optimización previa, los números están ordenados. Se previene la duplicación de parejas y de casos.
- Como optimización previa, se descartan divisiones no enteras o restas negativas, que no pueden usarse en la resolución.

2.4 Algoritmo alternativo

Se propone otro algoritmo destinado a dar una orientación alternativa a la solución del problema. El algoritmo principal se centra en buscar una solución siguiendo un sólo camino cada vez, y ahondando en la recursividad antes de volver a buscar por otro camino. Este algoritmo buscaría avanzar de forma uniforme por todos los caminos posibles hacia la solución.
Usamos varios grupos de `numeros` y una cola de ellos, llamada `colaGrupos`

Algoritmo 3 ALGORITMO ALTERNATIVO

```
1: Insertamos el grupo de números iniciales en colaGrupos
2: mientras colaGrupos.noVacía()
3:   saca un grupo de la cola, numeros
4:   para cada pareja ordenada (a,b) en numeros
5:     para cada operación op en [+,*,-,/]
6:       si a (op) b es posible entonces
7:         Computa a (op) b
8:         si |meta - a (op) b| < |meta - mejor_aprox| entonces
9:           mejor_aprox := meta
10:          si mejor_aprox == meta entonces
11:            devolver true
12:          fin si
13:        fin si
14:        Crea un nuevo grupo por copia nuevos(numeros)
15:        Retira a,b de nuevos
16:        Introduce a (op) b en nuevos
17:        Introduce nuevos en colaGrupos
18:      fin si
19:    fin para
20:  fin para
21: fin mientras
```

Las optimizaciones serían paralelas a las del algoritmo principal. Se indica además, la posibilidad de mantener una cola con prioridad, facilitando el paso según tamaño del grupo o magnitud de sus números; y que además, elimine grupos repetidos aprovechando las comparaciones necesarias para mantener el orden.

3 Implementación

Mostramos ahora cómo podría implementarse el algoritmo propuesto, aplicando sobre él las optimizaciones sugeridas. Con esta implementación hemos querido comprobar el correcto funcionamiento y eficiencia del algoritmo. Para la mayoría de los casos, el tiempo requerido no excede los pocos segundos, estando el máximo en torno al medio segundo.

Se han usado directivas de preprocesamiento para poder compilar el programa según la opción que se desee:

- Resolver el problema de las cifras, es decir, para una serie de números dados y un objetivo de 3 dígitos (realmente el programa realizado no tiene restricción sobre las cifras o la cantidad de números de partida dados), hallar con ellos la aproximación más cercana al objetivo mediante operaciones elementales sin repetición de factores.

- `GRUPOS` Averiguar, dado un conjunto de números, si pueden hallarse todos los números de 1 a 1000 operando con las restricciones del problema de las cifras sobre ellos. Es decir, se verifica si el conjunto de números dado es un grupo mágico.

3.1 Archivo cifras.h

```
001:  #ifndef CLASS
002:  #define CLASS
003:
004:  #include <string>
005:  #include <vector>
006:  #include <sstream>
007:  #include <iostream>
008:  #include <stdlib.h>
009:
010:  class Cifras {
011:  private:
012:
013:      /**
014:       * Vector dinámico con los números que deben ser probados.
015:       */
016:      std::vector<int> numeros;
017:
018:  #ifndef GRUPOS
019:      /**
020:       * TDA Cuenta. Representa una operación binaria, concretamente
021:       * una suma, resta, multiplicación o división. Permite además
022:       * almacenar el resultado.
```

```
023:       */
024:      struct Cuenta {
025:          int primero;
026:          int segundo;
027:          char operador;
028:          int resultado;
029:      };
030:
031:      /**
032:       * Vector en el que se guardan las operaciones que se han realizado,
033:       * para mostrarlas luego por pantalla.
034:       */
035:      std::vector<Cuenta> operaciones;
036:
037:      /**
038:       * Almacena la mejor aproximación hasta el momento y las operaciones
039:       * que requiere llegar a ese resultado.
040:       */
041:      int mejor;
042:      std::vector<Cuenta> mejor_operaciones;
043:
044:      /**
045:       * @brief Normalizador de operaciones realizadas
046:       *
047:       * Permite dejar en operaciones sólo aquellas que han sido estrictamente
048:       * necesarias para llegar a meta
049:       *
050:       */
051:      void normalizaOperaciones();
052:
053:      /**
054:       * @brief Permite buscar el origen de dos operandos dados
055:       *
056:       * Función recursiva que busca para una Cuenta dada de qué otras operaciones
057:       * derivan sus operandos, hasta que llega a la raíz de los mismos,
058:       * y las apila a partir de pos_escribir
059:       *
060:       */
061:      void buscaOperandos(Cuenta unaCuenta, int& pos_escribir);
062:
063:  #endif
064:
065:      /**
066:       * Códigos de las operaciones permitidas y número de operaciones.
067:       * Nótese el orden de prioridad de las operaciones que reducen para optimizar
```

```
068:       */
069:      static const int SUM = 2;
070:      static const int RES = 0;
071:      static const int MUL = 3;
072:      static const int DIV = 1;
073:      static const int NOP = 4;
074:
075:      /**
076:       * @brief Resuelve recursivamente para un número dado.
077:       * @return Verdadero si hay solución.
078:       */
079:      bool resuelve_rec (int meta, int size);
080:
081:  #ifdef GRUPOS
082:      /**
083:       * Número hasta el que se busca.
084:       */
085:      static const int BUSCADOS = 1000;
086:
087:      /**
088:       * @brief Vector que contiene los números de 3 cifras.
089:       * Verdadero si el número ya ha sido encontrado.
090:       */
091:      std::vector<bool> encontrado;
092:
093:      /**
094:       * @brief Cantidad de números encontrados actualmente
095:       */
096:      int total_encontrados;
097:
098:      /**
099:       * Marca como encontrado el número n.
100:       * @param Número a marcar como encontrado.
101:       * @return Verdadero si ha encontrado todos.
102:       */
103:      bool marcar (int n);
104:  #endif
105:
106:  public:
107:  #ifdef GRUPOS
108:      /**
109:       * Imprime los que faltan por marcar.
110:       */
111:      void imprime_restantes ();
112:
```

```
113:      /**
114:       * Comprueba que estén todos marcados.
115:       */
116:      bool todos_marcados ();
117:  #endif
118:
119:      /**
120:       * @brief Constructor. Selecciona un conjunto de números aleatorio.
121:       * Entre los números [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,25,50,75,100], escoge seis.
122:       */
123:      Cifras ();
124:
125:      /**
126:       * @brief Constructor. Dado un vector de números.
127:       */
128:      Cifras (std::vector<int> numeros);
129:
130:      /**
131:       * @brief Une dos cifras en una usando la operación indicada.
132:       * @param a Primera cifra.
133:       * @param b Segunda cifra.
134:       * @param codop Código de operación que se realizará entre ellas.
135:       * @pre La operación se puede realizar produciendo un entero no negativo.
136:       * @pre Es un número de operación válido.
137:       */
138:      int calcula (int a, int b, int codop);
139:
140:      /**
141:       * @brief Muestra las operaciones para llegar a la solución.
142:       * Las operaciones se encontraban en el vector de operaciones.
143:       */
144:      void escribeOperaciones ();
145:
146:      /**
147:       * @brief Resuelve para un número dado.
148:       * @param meta Número buscado.
149:       * @return Verdadero si hay solución.
150:       */
151:      bool resuelve (int meta = 0);
152:
153:      #ifndef GRUPOS
154:      /**
155:       * Sobrecarga del operador << para salida de datos del TDA Cuenta
156:       */
157:      friend std::ostream& operator<<(std::ostream& salida,
```

```
const Cifras::Cuenta& operacion);
158:      #endif
159:  };
160:
161:  const char SIMBOLOS[] = "-/+*";
162:
163:
164:  /**
165:   * Auxiliar que transforma un int en string.
166:   */
167:  inline std::string aString (int n) {
168:      std::stringstream ss;
169:      ss << n;
170:      return ss.str();
171:  }
172:  /**
173:   * Auxiliar que transforma un char en string.
174:   */
175:  inline std::string aString (char c) {
176:      std::stringstream ss;
177:      ss << c;
178:      return ss.str();
179:  }
180:
181:  inline std::string operator+(std::string a, std::string b) {
182:      return a.append(b);
183:  }
184:
185:  #endif
186:
```

3.2 Archivo cifras.cpp

```
001:  #include "cifras.h"
002:  using namespace std;
003:  typedef int (*Operacion)(int a, int b);
004:
005:
006:  Cifras::Cifras (vector<int> introducidos) {
007:      #ifndef GRUPOS
008:      // Primera aproximación
009:      mejor = -1;
010:      #endif
011:
012:      #ifdef GRUPOS
```

```
013:      // Números marcados
014:      total_encontrados = 0;
015:      vector<bool> encontrado_inicial(BUSCADOS);
016:      for (int i=0; i<BUSCADOS; ++i)
017:          encontrado_inicial[i] = false;
018:      encontrado = encontrado_inicial;
019:
020:      // El cero se marca por defecto
021:      marcar(0);
022:      #endif
023:
024:      // Introduce los números en la doble cola.
025:      vector<int> numeros;
026:      int size = introducidos.size();
027:      for (int i=0; i<size; ++i)
028:          numeros.push_back(introducidos[i]);
029:
030:      this->numeros = numeros;
031:  }
032:
033:  bool Cifras::resuelve (int meta) {
034:      // Empieza comprobando que el número buscado no esté entre los dados.
035:      for (vector<int>::iterator it=numeros.begin(); it != numeros.end(); ++it){
036:          #ifndef GRUPOS
037:          if (*it == meta) {
038:              Cuenta encontrada = {meta, meta, ' '};
039:              mejor_operaciones.push_back(encontrada);
040:
041:              return true;
042:          }
043:          #endif
044:
045:          #ifdef GRUPOS
046:          marcar(*it);
047:          #endif
048:      }
049:
050:      // Resuelve de forma recursiva todas las posibilidades.
051:      bool resuelto=resuelve_rec(meta, numeros.size());
052:
053:      #ifndef GRUPOS
054:      normalizaOperaciones();
055:      #endif
056:
057:      return resuelto;
```

```
058:  }
059:
060:  bool Cifras::resuelve_rec (int meta, int size) {
061:      // Operaciones
062:      Operacion calcula[] = {
063:          [](int a, int b){ return a-b; },
064:          [](int a, int b){ return a/b; },
065:          [](int a, int b){ return a+b; },
066:          [](int a, int b){ return a*b; }
067:      };
068:
069:      #ifndef GRUPOS
070:      Cuenta opActual;
071:      #endif
072:
073:      if (size < 2) return false;
074:
075:      // Toma el primer número disponible
076:      for (int i=0; i<size-1; ++i) {
077:          int a = numeros[i];
078:
079:          if (!(a==0))
080:              numeros[i]=numeros[size-1];
081:          else
082:              continue;
083:
084:          // Toma el segundo número disponible
085:          for (int j=i; j<size-1; ++j) {
086:              int b = numeros[j];
087:              if (b != 0)
088:                  numeros[j] = numeros[size-2];
089:              else
090:                  continue;
091:
092:              // Y prueba sobre ellos todas las operaciones
093:              for (int op=0; op<NOP; ++op) {
094:                  // Cogemos siempre c como el mayor de ambos
095:                  int c=(a>b?a:b), d=(c==a?b:a);
096:
097:                  // Comprueba que la operación sea válida
098:                  bool indivisible = ((c%d != 0) and op==DIV);
099:                  if (indivisible)
100:                      continue;
101:
102:                  // Comprueba que la operación sea útil
```

```
103:                 int resultado = calcula[op](c,d);
104:                 bool trivial = (resultado == a or resultado == b);
105:                 bool zero = (resultado == 0);
106:                 bool overflow = (resultado < 0);
107:                 if (trivial or overflow or zero)
108:                     continue;
109:
110:                 // Calcula y guarda la operación.
111:                 #ifndef GRUPOS
112:                 opActual = {c, d, SIMBOLOS[op], resultado};
113:                 operaciones.push_back(opActual);
114:
115:                 // Intenta resolver o mejorar con el nuevo número, sin pasarse
116:                 if (abs(meta-resultado) < abs(meta-mejor)) {
117:                     mejor = resultado;
118:                     mejor_operaciones = operaciones;
119:
120:                     if (resultado == meta)
121:                         return true;
122:                 }
123:                 #endif
124:
125:                 // Marca el nuevo resultado y comprueba si están todos marcados
126:                 #ifdef GRUPOS
127:                 if (marcar(resultado))
128:                     return true;
129:                 #endif
130:
131:                 // Guarda el nuevo resultado y sigue buscando
132:                 numeros[size-2] = resultado;
133:                 if (resuelve_rec(meta,size-1))
134:                     return true;
135:
136:                 #ifndef GRUPOS
137:                 //Saca las operaciones
138:                 operaciones.pop_back();
139:                 #endif
140:             }
141:             numeros[size-2]=numeros[j];
142:             numeros[j]=b;
143:         }
144:         numeros[i]=a;
145:     }
146:     return false;
147: }
```

```
148:
149: #ifndef GRUPOS
150: void Cifras::escribeOperaciones() {
151:     vector<Cuenta>::iterator it;
152:
153:     for(it=mejor_operaciones.begin(); it!=mejor_operaciones.end(); it++){
154:         cout << *it << endl;
155:     }
156: }
157: #endif
158:
159: #ifdef GRUPOS
160: bool Cifras::marcar(int n) {
161:     if (n<1000 and !encontrado[n]) {
162:         encontrado[n] = true;
163:         --total_encontrados;
164:         if (total_encontrados == BUSCADOS)
165:             return true;
166:     }
167:
168:     return false;
169: }
170: #endif
171:
172: #ifdef GRUPOS
173: void Cifras::imprime_restantes () {
174:     for (int i=0; i<BUSCADOS; ++i)
175:         if (!encontrado[i])
176:             cout << i << ' ';
177:     cout << endl;
178: }
179: #endif
180:
181: #ifdef GRUPOS
182: bool Cifras::todos_marcados () {
183:     bool todos = true;
184:     for (int i=0; i<BUSCADOS and todos; ++i)
185:         todos = encontrado[i];
186:     return todos;
187: }
188: #endif
189:
190: #ifndef GRUPOS
191: void Cifras::normalizaOperaciones() {
192:     int size = mejor_operaciones.size();
```

```
193:     int pos_escribir = size - 2;
194:
195:     if (pos_escribir >= 0){
196:         buscaOperandos (mejor_operaciones[size-1],pos_escribir);
197:
198:         mejor_operaciones.erase(mejor_operaciones.begin(),
199:             mejor_operaciones.begin() + pos_escribir + 1);
200:     }
201: }
202:
203: void Cifras::buscaOperandos(Cuenta unaCuenta, int& pos_escribir){
204:     bool uno_encontrado=false, otro_encontrado=false;
205:     int j = pos_escribir;
206:     int un_operando = unaCuenta.primero,
207:         otro_operando = unaCuenta.segundo;
208:
209:     while ((!uno_encontrado || !otro_encontrado) && j>=0){
210:         if ((mejor_operaciones[j].resultado == un_operando) ||
211:             (mejor_operaciones[j].resultado == otro_operando)){
212:
213:             if (uno_encontrado)
214:                 otro_encontrado=true;
215:             else
216:                 uno_encontrado=true;
217:
218:             Cuenta aux(mejor_operaciones[j]);
219:             mejor_operaciones[j]=mejor_operaciones[pos_escribir];
220:             mejor_operaciones[pos_escribir]=aux;
221:             pos_escribir--;
222:
223:             buscaOperandos(mejor_operaciones[pos_escribir+1], pos_escribir);
224:             j = pos_escribir;
225:         }
226:         else
227:             j--;
228:     }
229: }
230:
231:
232: std::ostream& operator<<(std::ostream& salida, const Cifras::Cuenta& operacion){
233:     if (operacion.operador != ' ')
234:         salida << operacion.primero << operacion.operador <<
235:             operacion.segundo << '=' << operacion.resultado;
236:     else
237:         salida << operacion.primero;
```

```
238:
239:      return salida;
240:  }
241:  #endif
242:
```

3.3 Archivo main.cpp

```
01:  #include <iostream>
02:  #include <vector>
03:  #include "cifras.h"
04:  using namespace std;
05:
06:  /**
07:   * @brief Lee los números que serán usados.
08:   * @param n Número de números a leer.
09:   * @return Vector de números leidos.
10:   */
11:  vector<int> leerNumeros () {
12:      vector<int> numeros;
13:      int leido;
14:      while (cin >> leido)
15:          numeros.push_back(leido);
16:
17:      return numeros;
18:  }
19:
20:  int main() {
21:      // Lee números
22:      #ifndef GRUPOS
23:      int meta;
24:      cout << "Introduce meta a resolver: ";
25:      cin >> meta;
26:      #endif
27:
28:      cout << "Introduce números: ";
29:      vector<int> leidos (leerNumeros());
30:
31:      // Resuelve el problema
32:      cout << "Resolviendo..." << endl;
33:      Cifras cifras(leidos);
34:
35:      #ifndef GRUPOS
36:      if (cifras.resuelve(meta))
37:          cout << "Solución" << endl;
38:      else
39:          cout << "Aproximación" << endl;
40:
```

```
41:     cifras.escribeOperaciones();
42:     #endif
43:
44:     #ifdef GRUPOS
45:     if (cifras.resuelve() or cifras.todos_marcados())
46:         cout << "Marcados todos" << endl;
47:     else {
48:         cout << "Faltaron por marcar:" << endl;
49:         cifras.imprime_restantes();
50:     }
51:     #endif
52: }
```