



Diretrizes Básicas para Otimização do Tempo e da Qualidade de Execução de Projeto Detalhado de Tubulação

Chevitarese, V.A.P, Pacheco, M. T. T., Santos, A. R., Moraes Jr, D. e Moraes, M. S.

UNISANTA— Universidade Santa Cecília – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

E-mail: vitorchevitarese@yahoo.com.br

Received december, 2016

Resumo O aumento crescente e periódico do consumo de energia no país requer, a curto prazo, elevados investimentos em novas unidades industriais, principalmente no setor de petróleo e gás. A excelência na execução dos projetos, especificamente nos quesitos tempo e qualidade constituem fatores determinantes para o sucesso de implantação de um empreendimento. A cronologia e o método de execução das atividades de projeto detalhado adequadas ao empreendimento trazem benefícios significativos para a construção e montagem, com forte impacto na redução dos custos. O presente trabalho teve por objetivo analisar os resultados negativos obtidos na implantação de uma unidade de processamento de petróleo, com destaque para a etapa de projeto e, mostrar algumas práticas de engenharia úteis para elaboração de projeto detalhado de tubulação.

Palavras chave: Tubulação, Projeto Detalhado, Maquete Eletrônica, Unidades de Processo.

Basic Guidelines for Optimization of Time and Quality Execution of Detailed Piping Design

Abstract: The increasing and periodic increase of the country's energy consumption requires in the short term large investments in new industrial units, mainly in the oil and gas sector. Excellence in the execution of projects, specifically in terms of time and quality, are decisive factors for the successful implementation of an enterprise. The chronology and methodology of execution of the detailed project activities appropriate to the venture bring significant benefits to the construction and assembly, with a strong impact in reducing costs. This article analyzes the negative results obtained in the implantation of an oil processing unit, highlighting the design stage and shows some engineering practices useful for the elaboration of detailed piping projects.

Keywords: Detailed Design, Piping Design, Electronic Mockup, Process Units, Production Unit.

1. Introdução

A capacidade de produção de petróleo e o consumo de derivados no Brasil é cerca de 40% superior do que há dez anos. A capacidade de transformação do petróleo em derivados tais como gasolina, diesel, querosene de aviação, óleos lubrificantes, óleo combustível e nafta, tiveram um acréscimo de somente 4,5% no mesmo período, significando apenas dois terços dos três milhões de barris diários produzidos.

O plano estratégico de desenvolvimento para o aumento da capacidade de refino prevê um aumento de 73% da atual capacidade até 2020, o que equivale a um aumento de 1,43 milhões de barris processados por dia. Segundo o Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2013), parcela significativa dos derivados de petróleo consumidos no país é importado, causando efeito negativo na balança comercial do país.

Os novos investimentos previstos para o setor traduz-se na criação de novas unidades de processamento e tratamento de petróleo, e requerem grande eficiência em todas as etapas de implantação do empreendimento. Uma análise dos resultados obtidos na implantação de unidades de processamento de petróleo e gás no país mostra grande incidência de atraso no cronograma físico do empreendimento e grande volume de retrabalho, originando um custo final bem superior ao previsto. O objetivo deste trabalho foi investigar os principais fatores que contribuem para a baixa eficiência na implantação de unidades no setor petrolífero, com destaque especial para a área de projeto de tubulação e o prejuízo decorrente de erro de execução e de estratégia. A análise dos resultados obtidos nas fases de projeto, construção e montagem possibilitou a identificação dos pontos críticos e o registro das lições aprendidas, a serem propostas para futuros empreendimentos.

2. Material e Métodos

O presente estudo teve como base de dados os resultados obtidos na implantação de um empreendimento que compreende uma unidade de processo do segmento petrolífero. A análise dos resultados baseia-se no estudo comparativo entre as quantidades previstas e as realizadas, tendo como principais parâmetros a quantidade de linhas a serem elaboradas e a quantidade de homens/hora necessário para o projeto de cada linha. Os dados foram apropriados pela equipe de planejamento do empreendimento.

As ações propostas para uma maior eficiência do projeto foram decorrentes da análise dos pontos falhos e investigação criteriosa dos fatores que contribuíram negativamente para a implantação do empreendimento.

3. Resultados

Os fatores que contribuíram de forma significativa para um resultado não satisfatório dos setores de projeto, construção e montagem do empreendimento estão sintetizados na Tabela 1. Um destaque especial pode ser atribuído à quantidade final de linhas superior em 38,4 % à quantidade prevista na fase de orçamento e a quantidade de homem hora necessária para elaboração de cada linha de 261,5 % superior à quantidade prevista.

O acréscimo do peso de tubulação foi de 28% e o peso de tubulação que sofreu retrabalho compreende 20,4 % do peso total ou 872 % acima do previsto, que foi de 3 %. Analisando os índices apresentados pôde-se constatar que a variação da quantidade total de horas consumidas pelo projeto foi bastante elevada, não crescendo de forma proporcional ao aumento da quantidade de linhas. Chama bastante atenção a quantidade de retrabalho de tubulação necessário, sugerindo deficiência de coordenação e gerenciamento da etapa de projeto, originando uma série de contratempos nas etapas de fabricação e montagem. A criticidade dos resultados obtidos retratou o baixo desempenho do empreendimento como um todo, com forte impacto financeiro para a empresa responsável pela execução do empreendimento e para o cliente final.

Tabela 1 – Balanço quantitativo previsto e real.

DESCRIÇÃO	PREVISTO [Unitário]	REAL [Unitário]	VARIAÇÃO [%]
QUANTIDADE DE LINHAS	2162	2993	38,4
HH TOTAL	9729	25440,5	261,5
HH/LINHA	4.5	8	77,7
PESO DE TUBULAÇÃO [ton]	1280	1640	28
RETRABALHO DE TUBUL. [ton]	38.4	335	872

4. Discussão

4.1 O aumento do número de linhas do projeto

a) Descrição do problema

O orçamento do projeto de tubulação é elaborado na fase de proposta, tomando como referência os documentos do projeto básico. Os fluxogramas conceituais não refletem a quantidade real de linhas a ser detalhada, originando uma quantidade real superior a prevista. No projeto analisado, o número de linhas teve um aumento de 38,4 %, refletindo fortemente no custo do projeto e do empreendimento.

b) Ação mitigadora

A elaboração do orçamento exige experiência e análise detalhada da documentação do projeto básico. A variação da quantidade de linhas se deve principalmente a não consideração de subsistemas, tais como, drenagem, ar comprimido de serviço e de instrumento, amostragem, traço de vapor, purga, sistema de lubrificação e pacotes de subfornecedores, dentre outros. Um percentual de 80% da quantidade excedente de linhas corresponde a tubulações de baixo diâmetro, menor ou igual a 2". Atenção especial deve ser dispensada a identificação e quantificação de linhas pertencentes aos subsistemas, visualizados nos fluxogramas de processo do projeto básico.

4.2. Produtividade

a) Descrição do problema

A baixa produtividade configurada por um valor hh/linha real superior ao previsto, a ser considerada para elaboração de um documento, tem como principal causa a falta de qualificação da mão de obra direta de execução do projeto e a deficiência de verificação dos documentos produzidos.

O valor médio de 4,5 hh previsto para elaboração de uma linha na maquete eletrônica saltou para 8 hh, correspondendo a um aumento de 77,7 %. A baixa produtividade é consequência da falta de capacitação e experiência profissional, repercutindo diretamente na qualidade do projeto. Outro fator que muito contribuiu para elevação da taxa hh/linha foi o número elevado de revisão de fluxogramas de processo.

Os retrabalhos de projeto decorrentes dos erros de execução e compatibilização com novas revisões de fluxograma de engenharia demandaram uma maior quantidade de hh, causando atraso de cronograma e impacto na fabricação e montagem.

b) Ação mitigadora

A seleção eficiente dos profissionais de mão de obra direta é condição básica para uma equipe produtiva.

Com o objetivo de minimizar riscos, sugere-se executar o projeto de forma segmentada, ou seja, o *site* é dividido em diversas áreas físicas. Cada área é supervisionada por um profissional sênior, de preferência conhecido no mercado pela qualidade dos trabalhos efetuados. Caberá a este profissional orientar os demais componentes da equipe com referência nas normas técnicas e boa prática de engenharia.

A verificação eficiente dos documentos gerados constitui a mais importante ferramenta para detectar e apurar desvios, assegurar a qualidade e, monitorar a equipe de produção. Os objetivos traçados pelo planejamento para emissão dos documentos com qualidade devem ser acompanhados e ações para viabilização da produção devem ser implantadas para garantir o cumprimento das metas.

4.3. Peso de tubulação

a) Descrição do problema

O aumento do peso real de tubulação comparado à estimativa elaborada na fase de proposta pode ser atribuído a dois fatores principais:

a1) O aumento do número de linhas.

a2) A elaboração de arranjos de tubulação não otimizados.

No caso analisado o aumento do peso foi de 28 %.

b) Ação mitigadora

Os fatores que causaram forte impacto no aumento do número de linhas foram a percepção tardia da existência de subsistemas de tubulação, como descrito no item 4.1 e o método de elaboração dos arranjos de tubulação.

Estes devem ser feitos de forma organizada e otimizada, evitando voltas desnecessárias na definição do traçado.

A análise de consistência do *layout* é fundamental para a racionalização dos encaminhamentos. Esta análise deve ser elaborada tomando-se como referência quatro regras básicas, que são:

a1) Os equipamentos interligados devem estar próximos.

a2) O sentido de fluxo das linhas.

a3) A distância mínima recomendada entre equipamentos.

a4) A análise do espaço disponível entre equipamentos em função do diâmetro da linha e número de componentes da tubulação.

4.4. Retrabalho de tubulação

a) Descrição do problema

O retrabalho de tubulação consiste na alteração de peças de tubulação (*Spools*) já fabricadas e até montadas.

O impacto negativo no custo e no cronograma do empreendimento é alto, originando perda de material e acréscimo de mão de obra dos vários setores envolvidos como projeto, como o planejamento, fabricação, montagem e qualidade. O retrabalho pode ser efetuado na fábrica de tubulação (*Pipe-shop*), ou no campo, sendo este último o mais oneroso. Os principais fatores que originam retrabalho são:

- a1) Início antecipado da fabricação de tubulação.
- a2) Alteração de tubulação em função de revisão de fluxograma.
- a3) Alteração dimensional de equipamentos e instrumentos.
- a4) Não consideração dos comentários referentes aos estudos de análise de tensões nas tubulações.
- a5) Erro de projeto decorrentes da pouca experiência do projetista e verificador.

b) Ação mitigadora

Na fase inicial de execução de um projeto detalhado é comum à identificação de desvios e a implementação de medidas de adequação conotadas através de pequenos ajustes de *layout* e das dimensões de equipamentos e instrumentos, adequações de traçado de tubulação e alterações de fluxograma. Esta fase corresponde ao período de amadurecimento do projeto. Com objetivo de se evitar o retrabalho, a fabricação de tubulação não deve ser iniciada nesta fase.

A condição ideal para a liberação de linhas para a fabricação seria a consolidação da linha pela equipe de processo, assim como a disponibilização de desenhos de equipamentos e instrumentos em fase avançada.

Outro importante ponto a ser considerado na minimização do retrabalho é a análise de tensões de tubulação. Grande parte do retrabalho mostrado na Tabela 1 deve-se a fabricação de tubulação antes do estudo de análise de tensões.

A liberação das linhas para fabricação deve ser efetuada preferencialmente por grupos pertencentes a um mesmo sistema de tubulação, após a incorporação dos comentários da equipe de flexibilidade ao projeto da linha.

4.5. Comunicação Interdisciplinar

a) Descrição do problema

Todas as disciplinas de um projeto estão interligadas. A malha de distribuição de documentos é considerada o instrumento oficial de atualização de informações entre

disciplinas. Sabe-se, no entanto, que este instrumento não é suficiente para promover uma comunicação eficiente.

b) Ação mitigadora

A dinâmica do projeto exige amplo relacionamento entre disciplinas, na forma de contato pessoal, como reuniões internas e e-mails. As atualizações de documentos de uma determinada disciplina devem ser acompanhadas e informadas instantaneamente às demais equipes. Como exemplo, uma interferência de estrutura metálica com tubulação deve ser tratada assim que detectada. A conclusão de uma revisão de fluxograma pela equipe de processo ou uma atualização de desenho de equipamento pela mecânica, assim que concluída, deve ser informada e disponibilizada para todas as equipes envolvidas.

O principal benefício de uma comunicação eficiente é trabalhar com informações atualizadas. Um sistema de gerenciamento de documentos eficiente permite que as disciplinas tomem conhecimento de todas as revisões de documentos emitidas no menor tempo possível.

4.6. Controle de atualizações de projeto

a) Descrição do problema

Alteração de fluxogramas, ajuste na dimensão de equipamentos e posição dos bocais, e alteração na folha de dados de instrumentos, é comum e frequente na fase inicial do projeto. Todas estas mudanças devem ser refletidas no projeto, seja ele executado em 2D ou 3D. O que ocorre na prática é a falta de controle na atualização dessas informações, ou seja, não se sabe se o *status* da tubulação, equipamento e instrumento estão em acordo com a última revisão dos documentos envolvidos.

b) Ação mitigadora

Uma forma prática de controle de revisão de documentos é o sistema de cópia piloto, que consiste na formação de um cabide (Suporte metálico) contendo todas as revisões. Com referência aos equipamentos e instrumentos, o controle pode ser efetuado através de atualização do *status* na maquete eletrônica 3D, ou a adoção de uma planilha de controle de modelagem de equipamentos, onde consta o número do documento de referência, a revisão que se encontra e a data da atualização.

4.7. Documentos dos Fornecedores

a) Descrição do problema

No projeto ocorre a aquisição de pacotes completos de fornecedores de equipamentos específicos, como exemplo os compressores. Esses pacotes são compostos por equipamentos, tubulações, instrumentos e estruturas, entre outros. As falhas na elaboração de documentos do

fornecedor geram dificuldade para entendimento e representação gráfica do conteúdo no projeto, demandando elevado *hh* para levantamento de informações. Como exemplo é frequente os casos que constam no escopo do fornecedor a entrega de tubulações pré-fabricadas.

A falta de informação nos desenhos dificultam o acoplamento das peças no campo e a representação no projeto somente torna-se possível após levantamento dimensional dos componentes no campo.

b) Ação mitigadora

Todos os desenhos do pacote de fornecedor devem ser verificados pelo especialista de cada área.

O nível de detalhamento dos componentes deve conter um nível mínimo de informação que possibilite de forma clara a montagem no campo e a representação gráfica no projeto. A situação ideal seria o suporte da engenharia para a equipe de compras definir o critério de projeto ou o nível de informações requeridas, logo na fase de aquisição dos pacotes, de forma que o nível de detalhamento dos documentos seja definido e registrado no escopo de fornecimento.

4.8. Cronograma físico e financeiro do empreendimento

a) Descrição do problema

O planejamento de faturamento de um empreendimento é composto por vários eventos, que de forma resumida pode-se citar as medições referentes à análise de consistência de projeto básico, avanços de projeto detalhado, mobilização de canteiro de obra, compra de materiais e equipamentos, avanços de obras civis e de estrutura metálica, fabricação e montagem de tubulação e equipamentos, entre outros. Na fase inicial do empreendimento, além dos gastos referentes à sua implantação inicia-se a compra de materiais, baseado na lista de materiais garantida pelo cliente, e também a compra de equipamentos, etapas estas que envolvem grande mobilização de capital. A principal atividade desta fase inicial que compreende a execução do projeto detalhado tem pouco peso financeiro comparativamente a outras etapas do empreendimento.

Com o objetivo de conseguir um reforço de caixa, antecipa-se a fabricação da tubulação com várias pendências, entre as quais se destaca a não consolidação dos fluxogramas de processo, de desenhos de equipamentos e instrumentos e a não realização dos estudos de análise tensão de tubulação. Em uma fase posterior ocorre a necessidade de adequação da tubulação fabricada à última revisão de projeto, gerando grande volume de retrabalho, atrasos no cronograma do empreendimento e um forte impacto financeiro.

A decisão pela fabricação da tubulação em avanço normalmente parte do corpo diretivo da empresa responsável pelo empreendimento. A opção pela fabricação antecipada em muitos casos carece de análise técnica e é fortemente influenciada pela análise financeira do empreendimento.

a) Ação mitigadora

A liberação de uma linha para fabricação deve ser cuidadosamente avaliada pelas equipes de projeto e planejamento. Uma forma bastante útil de visualização do *status* ou nível de avanço de uma linha é a customização de uma tabela na plataforma de projeto, contendo os principais tópicos de desenvolvimento da linha. Somente linhas consolidadas e atualizadas com as últimas revisões dos documentos do processo, instrumentação, mecânica, estrutura metálica, civil e com os comentários de flexibilidade atendidos devem ser liberados para fabricação. A adoção dessa prática contribuirá para diminuição do volume de retrabalho.

5. Considerações Finais

Foram identificados no “presente estudo” fatores que contribuíram para um alto custo de implantação de uma unidade de processamento de petróleo. Um destaque especial foi dado à fase de elaboração do projeto de tubulação e seus reflexos na construção e montagem, que culminaram em um forte impacto no cronograma físico e no desempenho financeiro do empreendimento. Uma análise cronológica das várias etapas do empreendimento mostra uma sucessão de desvios de execução, desde a etapa inicial, constituída pelo orçamento, seguida pela baixa capacitação técnica da equipe de projeto contratada e, finalizando no elevado volume de retrabalho de tubulação. Acredita-se que se as considerações propostas neste trabalho forem compreendidas e consideradas em novos empreendimentos, os fatores de risco serão minimizados e contribuirão para o sucesso de implantação do empreendimento.

Referências

- [1] Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) – 2013